



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

Trabajo realizado por:

Beatriz Torre Toca

Dirigido:

Roberto Sañudo Ortega

Luigi dell'Olio

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil
Mención en Construcciones Civiles

Santander, julio de 2020

TRABAJO FIN DE GRADO



ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

En el presente Trabajo Fin de Grado se plantea un estudio preliminar sobre la implantación de un sistema tranviario en la ciudad de Santander. Concretamente se propone como un servicio para el ciudadano y trataría de conectar el centro de Santander con las áreas cercanas de Nueva Montaña, Raos y Parayas con gran carácter de ocio y comercial pero que sin embargo no están conectadas con la ciudad por medio de transporte público.

Se estudia a grandes rasgos el estado de arte del tranvía alrededor de todo el mundo, centrándose en una recopilación de experiencias con tranvías europeos, con el fin último de recoger soluciones innovadoras para el tranvía en Santander.

El trabajo también recoge la historia del tranvía en Santander. La ciudad contó con su presencia hasta los años 50, sin embargo, hoy en día es una apuesta firme de implantación en numerosas políticas de movilidad sostenible alrededor del mundo, y en particular en la ciudad de Santander.

Para ello, se elaboran una serie de alternativas con diferentes trazados que, tras analizar su diferencias en base a unos criterios de funcionalidad, económicos, de territorio y ambientales, se llevarán a una evaluación multicriterio empleando el Proceso Analítico Jerárquico para la asignación de pesos de Saaty. (AHP)

Palabras clave: Santander, transporte urbano, tranvía, aeropuerto, sostenibilidad, alternativa, evaluación multicriterio.



STUDY AND ANALYSIS OF ALTERNATIVES FOR A TRAM SYSTEM IN THE CITY OF SANTANDER

This Final Degree Project is a preliminary study on the implementation of a tram system in the city of Santander. Specifically, it is proposed as a service for citizens and would try to connect the city center of Santander with the nearby Nueva Montaña, Raos and Parayas areas that have a great leisure and commercial nature but are not connected by means of public transport.

The state of the art of the tram around the world is studied in broad strokes, focusing on a compilation of experiences with European trams, aiming to collect innovative solutions for the tram system in Santander.

This project also summarizes the history of the tram system in Santander. This city had its presence until the 1950s. However, nowadays it is a firm commitment to implement numerous sustainable mobility policies around the world, and in particular in the city of Santander.

In order to achieve it, a series of alternatives with different ways have been studied and analyzed their differences based on functional, economic, territorial and environmental criteria, will be carried out to a multi-criteria evaluation using the Hierarchical Analytical Process to assign weights by Saaty. (AHP)

Keywords: Santander, urban transport, tramway, airport, sustainability, alternative, multi-criteria evaluation.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	10
1.1. INTRODUCCIÓN	10
1.2. OBJETIVOS.....	11
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	12
1.3.1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA	13
2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA TRANVIARIO	17
3. EXPERIENCIAS EN OTRAS CIUDADES.....	20
3.1. TRANVÍAS EN EL MUNDO.....	20
3.1.1. EJEMPLO EN CHINA – HONG KONG	21
3.1.2. EJEMPLO EN EE. UU. – SAN FRANCISCO	24
3.2. EL TRANVÍA EN EUROPA.....	26
3.2.1. EJEMPLO EN POLONIA – CRACOVIA	26
3.2.2. EJEMPLO EN BULGARIA – SOFÍA	29
3.2.3. EJEMPLO EN HOLANDA – ÁMSTERDAM.....	33
3.3. TRANVÍAS EN ESPAÑA	38
3.3.1. EJEMPLO EN SANTA CRUZ DE TENERIFE - TENERIFE.....	39
3.3.2. EJEMPLO EN BOADILLA DEL MONTE – MADRID.....	41
3.3.3. EJEMPLO EN BILBAO Y VITORIA – PAÍS VASCO	44
4. EL TRANVÍA DE SANTANDER. ANTECEDENTES	46
5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	58
5.1. SITUACIÓN DE MOVILIDAD ACTUAL.....	59
5.2. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO. PGOU DE SANTANDER.....	66
5.3. PREVISIONES FUTURAS	66
5.4. AEROPUERTO DE SANTANDER - SEVE BALLESTEROS.....	72
6. ALTERNATIVAS DE TRAZADO	73
6.1. CARTOGRAFÍA	75
6.2. A1: ESTACIONES – NUEVA MONTAÑA.....	77
6.2.1. RECORRIDO Y LONGITUD.....	78
6.2.2. PARADAS	78
6.3. A2: ESTACIONES – AEROPUERTO	79
6.3.1. RECORRIDO Y LONGITUD.....	80
6.3.2. PARADAS	81
6.4. A3: ESTACIONES – NUEVA MONTAÑA – RAOS – AEROPUERTO	82
6.4.1. RECORRIDO Y LONGITUD.....	82



6.4.2.	PARADAS	83
6.4.3.	ESTRUCTURA.....	83
6.5.	A4: ESTACIONES – PUERTO – RAOS – AEROPUERTO	85
6.5.1.	RECORRIDO Y LONGITUD.....	86
6.5.2.	PARADAS	87
6.6.	A5: ESTACIONES - CASTILLA - NUEVA MONTAÑA - RAOS - AEROPUERTO	88
6.6.1.	RECORRIDO Y LONGITUD.....	88
6.6.2.	PARADAS	89
6.7.	A6: ESTACIONES - HERMIDA - NUEVA MONTAÑA - RAOS - AEROPUERTO	90
6.7.1.	RECORRIDO Y LONGITUD.....	90
6.7.2.	PARADAS	91
7.	SUPERESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA	92
8.	MATERIAL MÓVIL	94
9.	PARADAS	101
10.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	103
11.	EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL	105
12.	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN EN EL ENTORNO	107
13.	CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	110
14.	EVALUACIÓN MULTICRITERIO.....	111
14.1.	MÉTODO.....	111
14.2.	PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS	113
14.3.	PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	113
14.3.1.	PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN EL CRITERIO FUNCIONAL.....	114
14.3.2.	PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN EL CRITERIO ECONÓMICO.....	114
14.3.3.	PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN EL CRITERIO TERRITORIAL	115
14.3.4.	PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN EL CRITERIO AMBIENTAL	115
14.4.	PONDERACIÓN FINAL DE CADA ALTERNATIVA	116
15.	CONCLUSIONES.....	118
16.	REFERENCIAS.....	120
	ANEXO I. MAPAS DE TRÁFICO	126
	ANEXO II. REORDENACIÓN FERROVIARIA	128
	ANEXO III. CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA.....	131
	ANEXO IV. PLANOS	133



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de conexión.....	11
Ilustración 2. Ejemplo de tranvía original [3]	12
Ilustración 3. Mapa de tráfico en la Red de Carreteras del Estado, año 2018 [6]	14
Ilustración 4. Análisis del tráfico en accesos a Santander. Año 2018 [6]	15
Ilustración 5. Comparativa de emisiones entre coche, autobús y tranvía [9]	17
Ilustración 6. En verde, países con redes de tranvía [12]	20
Ilustración 7. Sistema de doble vía que sustituyó el de vía única en 1949 [13].....	21
Ilustración 8. Singular tranvía de dos pisos de Hong Kong [14].....	21
Ilustración 9. Sistema tranviario de Hong Kong [13]	22
Ilustración 10. Tren ART T1 en su inauguración [15]	23
Ilustración 11. Tren ART T1 de CRRC [16].....	23
Ilustración 12. Cable Car en San Francisco [18]	24
Ilustración 13. Tranvía moderno de San Francisco [12]	25
Ilustración 14. Red de tranvías históricos en San Francisco [19].....	25
Ilustración 15. Sistema tranviario de Cracovia [21].....	26
Ilustración 16. Tranvía de la línea 24 de Cracovia.....	27
Ilustración 17. Tranvía de la línea 24 a su paso por un puente.	27
Ilustración 18. Tranvía de línea 24, plataforma compartida con otros vehículos y peatones.	28
Ilustración 19. Coincidencia de las líneas 13 y 19 de tranvía de Cracovia.....	28
Ilustración 20. Línea 6 del tranvía de Cracovia.	29
Ilustración 21. Sistema tranviario de Sofía [22].....	30
Ilustración 22. Tranvía de la línea 12 de Sofía.....	30
Ilustración 23. Tranvía línea 22 de Sofía.	31
Ilustración 24. Tranvía de la línea 4 de Sofía.....	31
Ilustración 25. Vías de tranvía y tendido eléctrico en Sofía.	32
Ilustración 26. Coexistencia de vehículos y tranvía en la ciudad de Sofía.....	32
Ilustración 27. Tendido eléctrico de la ciudad de Sofía.....	33
Ilustración 28. Sistema tranviario de Ámsterdam [23].....	34
Ilustración 29. Calle comercial con tendido eléctrico.	35
Ilustración 30. Calle comercial con tranvías a su paso.....	35
Ilustración 31. Tendido eléctrico en la ciudad de Ámsterdam.....	36
Ilustración 32. Distribución de carriles en una calle de la ciudad.	36
Ilustración 33. Zona de paso de tranvía en un parque.	37
Ilustración 34. Construcción de nuevo tramo de tranvía en Ámsterdam.	37
Ilustración 35. Construcción de tramo de vía en placa en Ámsterdam.....	38
Ilustración 36. Ciudades españolas con tranvías en servicio [24].....	38
Ilustración 37. Sistema tranviario de Tenerife [25]	39
Ilustración 38. Línea 1 del tranvía de Tenerife a su llegada a la parada Intercambiador. ...	39
Ilustración 39. Coincidencia de dos tranvías de la línea 1 de Tenerife.....	40
Ilustración 40. Tranvía pasando por zona ajardinada en la estación de guaguas de Tenerife, punto de conexión con otros medios de transporte.	40
Ilustración 41. Tendido eléctrico en la ciudad de Tenerife.....	41



Ilustración 42. Grabado de la época con uno de los primeros tranvías de la capital a tracción animal en 1870 [26].....	41
Ilustración 43. Tranvías de mulas circulando por la Puerta del Sol de Madrid, 1885 [27]	42
Ilustración 44. Parada de metro ligero en Boadilla del Monte.	42
Ilustración 45. Sistema de metro y tranvía en la ciudad de Madrid [28]	43
Ilustración 46. Vehículo del metro ligero de Madrid [29]	44
Ilustración 47. Tranvía de Vitoria pasando por glorieta [30].....	44
Ilustración 48. Recorrido del tranvía de Vitoria [30]	45
Ilustración 49. Tranvía de Vitoria a su paso por la Catedral María Inmaculada [31].....	45
Ilustración 50. Tranvía de Bilbao a su paso por el Guggenheim.....	46
Ilustración 51. Recorrido del tranvía de Bilbao [30].....	46
Ilustración 52. Parada del tranvía de la costa en la plaza del Pañuelo junto a la Primera playa del Sardinero, al fondo el primer Casino [35].....	48
Ilustración 53. El tranvía de la costa, con tracción eléctrica por la avenida de la Reina Victoria (1923) [35].....	48
Ilustración 54. Tranvía de Gandarillas a su paso por Hernán Cortés [32]	49
Ilustración 55. Tranvía a vapor en Santander [36]	49
Ilustración 56. Plano de Santander con el trazado de los dos tranvías de vapor al Sardinero existentes, Gandarillas y Pombo (1913) [34]	50
Ilustración 57. Máquina de vapor del urbano a Peñacastillo, por la calle San Fernando (hacia 1896-1901) [35].....	51
Ilustración 58. Tranvía de Miranda por la calle del Martillo (1908-1913) [35].....	52
Ilustración 59. Tranvía de Miranda por el paseo de la Concepción [35].....	52
Ilustración 60. Tranvía eléctrico en la plaza de la Constitución, 1912 [35]	54
Ilustración 61. Tranvía de la Costa por el barrio de Molnedo en 1914 [37]	54
Ilustración 62. Tranvía por el paseo de Pereda [32].....	55
Ilustración 63. Trolebús de Santander [32]	56
Ilustración 64. Trolebús Pegaso en el Sardinero [32].....	56
Ilustración 65. Trolebús a Astillero [32]	57
Ilustración 66. Reproducción de coche tranvía jardinera [38].....	57
Ilustración 67. Ubicación de Santander en el mapa de Cantabria [39]	58
Ilustración 68. Ampliación de ubicación de Santander [39].....	59
Ilustración 69. Ubicación de paradas de taxi en Santander [40].....	60
Ilustración 70. Red de líneas [36]	61
Ilustración 71. Relación de paradas de la línea nº12 del TUS [36].....	62
Ilustración 72. Relación de paradas de la línea nº19 del TUS [36].....	63
Ilustración 73. Distancia a pie entre paradas en la Avda. Parayas [39].....	63
Ilustración 74. Relación de paradas de la línea nº23 del TUS [36].....	64
Ilustración 75. Logo de Santander City Brain eco [41].....	64
Ilustración 76. Emisiones de dióxido de carbono procedentes del transporte de pasajeros [43]	65
Ilustración 77. Propuesta de reordenación del espacio ferroviario en Santander [44]	67
Ilustración 78. Representación de la reordenación del espacio ferroviario [44].....	67
Ilustración 79. Propuesta de línea de metro ligero para Santander [2].....	68
Ilustración 80. Integración en el entorno de Castelar del propuesto metro ligero de Santander [45]	68
Ilustración 81. Logo del Plan Estratégico Santander 2010 - 2020 [46]	69
Ilustración 82. Representación del futuro aparcamiento [47]	69



Ilustración 83. Carril Bici provisional en la calle Reina Victoria [49]	70
Ilustración 84. Metropie de Santander [50]	71
Ilustración 85. Plano turístico de autobuses de Santander [51]	72
Ilustración 86. Alternativas de trazado	74
Ilustración 87. Conjunto de alternativas de trazado en planta.	75
Ilustración 88. Hojas de cartografía empleada [53].....	76
Ilustración 89. Detalle de radio mínimo empleado.....	77
Ilustración 90. Alternativa 1 desde Estaciones hasta Nueva Montaña. Trazado en planta	78
Ilustración 91. Alternativa 1 desde Estaciones hasta Nueva Montaña	79
Ilustración 92. Alternativa 2 Estaciones - Aeropuerto pasando por El Puerto. Trazado en planta	80
Ilustración 93. Alternativa 2 Estaciones - Aeropuerto pasando por El Puerto.	81
Ilustración 94. Alternativa 3 Estaciones - Nueva Montaña - Raos – Aeropuerto. Trazado en planta.....	82
Ilustración 95. Vista aérea de la pasarela peatonal-bici que conecta Nueva Montaña con Raos [54]	84
Ilustración 96. Pasarela de Raos [54]	84
Ilustración 97. Alternativa 3: Estaciones - Nueva Montaña - Raos – Aeropuerto	85
Ilustración 98. Alternativa 4: Estaciones - Puerto - Raos - Aeropuerto. Trazado en planta	86
Ilustración 99. Alternativa 4: Estaciones - Puerto - Raos - Aeropuerto.	87
Ilustración 100. Alternativa 5: Estaciones - Castilla - Nueva Montaña - Raos - Aeropuerto. Trazado en planta	88
Ilustración 101. Alternativa 5: Estaciones - Castilla - Nueva Montaña - Raos - Aeropuerto.	89
Ilustración 102. Alternativa 6: Estaciones - Marqués de la Hermida - Nueva Montaña - Raos - Aeropuerto. Trazado en planta	90
Ilustración 103. Alternativa 6: Estaciones - Marqués de la Hermida - Nueva Montaña - Raos - Aeropuerto.....	91
Ilustración 104. Sección de carril [57].....	94
Ilustración 105. Tranvía URBOS 100 con sistema Freedrive de CAF en Zaragoza.	95
Ilustración 106. Coches adaptables al flujo de viajeros [31]	96
Ilustración 107. Cambio de sentido en el tranvía de Vitoria, Parlamento, tipo Bretelle. [60]	96
Ilustración 108. Detalle de entrada al tranvía [31].....	97
Ilustración 109. Amplio espacio a la entrada, con espacio para bicicletas y carros [31].	98
Ilustración 110. Interior de tranvía modelo URBOS 100 en Zaragoza [59]	98
Ilustración 111. Logo [61]	99
Ilustración 112. Puesto de mandos de tranvía modelo URBOS 100 [31]	99
Ilustración 113. Funcionamiento Freedrive [31].....	100
Ilustración 114. Parada de autobús en el Ayuntamiento de Santander.	101
Ilustración 115. Parada de tranvía de Zaragoza [64]	102
Ilustración 116. Coste parcial de alternativas	104
Ilustración 117. Mapa de conservación de la naturaleza [7]	106
Ilustración 118. Gráfico de barras sobre las toneladas de CO ₂ emitidas durante la construcción de cada alternativa.	107
Ilustración 119. Prototipo Starling Crossing en el sur de Londres [70].....	109
Ilustración 120. Zona de emergencia [70].....	109



Ilustración 121. Logo de Santander Smart City [71]	110
Ilustración 122. Gráfico de puntuaciones finales de cada alternativa	117
Ilustración 123. Coste parcial de las alternativas	117
Ilustración 124. Alternativa 5, alternativa más favorable en la evaluación multicriterio...	118



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de pasajeros por año en el aeropuerto Santander - Seve Ballesteros. [8]	16
Tabla 2. Recomendaciones de tipo de vía según aplicación (traducción). [56]	92
Tabla 3. Tipos de Vía en placa analizadas. [56]	92
Tabla 4. Requisitos de cada tipo de vía (traducido). [56]	93
Tabla 5. Costes unitarios. [63]	101
Tabla 6. Resumen de características de las alternativas planteadas.	103
Tabla 7. Resumen de costes por metro de las alternativas planteadas.	104
Tabla 8. Relación de longitudes y toneladas de CO ₂ emitidas durante la construcción de cada alternativa.	106
Tabla 9. Procedimiento para calificar cada par de variables por Saaty, [72]	111
Tabla 10. Criterios de comparación y valores numéricos propuestos por Saaty. [72]	111
Tabla 11. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty. [72]	112
Tabla 12. Esquema de criterios y alternativas para la selección de la mejor alternativa.	112
Tabla 13. Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos propuesta por Saaty. Criterios de valoración de alternativas.	113
Tabla 14. Relación de pesos de cada variable.	113
Tabla 15. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty. Criterio funcional.	114
Tabla 16. Relación de pesos de cada alternativa según el criterio funcional.	114
Tabla 17. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty. Criterio económico.	114
Tabla 18. Relación de pesos de cada alternativa según el criterio económico.	115
Tabla 19. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty. Criterio territorial.	115
Tabla 20. Relación de pesos de cada alternativa según el criterio territorial.	115
Tabla 21. Tabla final con ponderaciones parciales y final de la evaluación multicriterio.	116



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Grado titulado “Estudio y Valoración de Alternativas para la Construcción de un Tranvía en la Ciudad de Santander” presenta un estudio preliminar de la implantación de un sistema tranviario en la ciudad de Santander en una primera aproximación considerando criterios de servicio, territoriales, ambientales y económicos teniendo en cuenta los costes de construcción más significativos.

Con esta propuesta se pretende recuperar y enriquecer áreas más deprimidas pero de gran carácter comercial y de ocio como son Raos y Parayas. Además, la implantación de este medio de transporte sostenible conlleva renovar el entorno de todas las zonas que se encuentren al paso del tranvía dotando a la ciudad de mobiliario urbano y elementos tecnológicos de última generación.

El trabajo se va a estructurar de la siguiente forma:

- Capítulo 1. En ella se describen los objetivos, la justificación del estudio y una aproximación de demanda en la zona.
- Capítulo 2. Aquí comentan las ventajas y desventajas de la implantación de un sistema tranviario
- Capítulo 3. Dentro de éste se ahonda en ejemplos reales de otras ciudades internacionales, europeas y españolas.
- Capítulo 4. Este capítulo se destina a conocer la historia del tranvía de Santander, cómo evolucionó este medio de transporte entre 1964 y 1953.
- Capítulo 5. Este apartado pretende reflejar la situación actual y previsiones futuras, en él se describe el área de estudio, la situación de movilidad actual, el planeamiento urbanístico y las propuestas futuras para la ciudad de Santander.
- Capítulo 6. En este apartado se muestran las alternativas de trazado propuestas, sus trazados, recorridos, paradas, así como la cartografía empleada para realizarlos.
- Capítulos 7, 8 y 9. Estos tres capítulos se centran en exponer el tipo de superestructura, material móvil y paradas que se podrían emplear.
- Capítulos 10 y 11. En estos apartados se valoran las alternativas desde el aspecto económico y ambiental respectivamente. El fin de estos análisis es poder usar esta valoración en la evaluación multicriterio para finalmente elegir una alternativa entre las propuestas.
- Capítulo 13. Aquí se exponen los criterios a considerar en la evaluación multicriterio.

- Capítulo 14. Dentro de este apartado se presenta y elabora la evaluación multicriterio de las alternativas según el método de Saaty. Se darán pesos a los criterios y a las alternativas en función de cada criterio para finalmente obtener una matriz con los resultados, que en función del peso de cada criterio se conseguirán los valores finales de las alternativas de donde se seleccionará la más ventajosa.
- Capítulo 15. La misión de este último apartado es englobar las conclusiones obtenidas tras la elaboración del presente Trabajo Fin de Grado.
- Tras las conclusiones se encuentran los planos en detalle de las alternativas, así como otros anexos relevantes sobre los que se habla durante el Trabajo.

1.2. OBJETIVOS

El objeto de este proyecto es el análisis de alternativas de trazado para la implantación de un sistema tranviario en la ciudad de Santander, con el propósito de descongestionar el tráfico del casco urbano y dar servicio a zonas más deprimidas con atractivo turístico y comercial. Las alternativas propuestas pretenden conectar las áreas de Nueva Montaña, Puerto de Raos y el Aeropuerto Seve Ballesteros con el núcleo urbano de la ciudad de Santander. En la siguiente imagen se muestra un esquema de las conexiones.



Ilustración 1. Esquema de conexión

La realización de esta implantación de sistema tranviario conlleva el desarrollo de un medio de transporte colectivo rápido y eficaz cuya principal ventaja radica en la conexión actualmente inexistente mediante transporte urbano a determinadas áreas de la periferia de Santander con el consiguiente ahorro energético que favorece medioambientalmente el entorno. Por otro lado, la inclusión de un trazado para tranvía introduce nuevas posibilidades para estructurar el sistema viario desde patrones muy diferentes a los actuales además de aportar estética modernizada e inteligente al entorno que se persiguen la mayoría de los planes y propuestas promovidas por el Ayuntamiento de Santander [1][2].

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Para justificar el estudio de alternativas que se va a plantear conviene conocer los orígenes y evolución de este medio de transporte que se pretende añadir a las posibilidades de movilidad urbana para Santander

El tranvía es un medio de transporte antiguo, sus orígenes se remontan al año 1775 cuando el inglés Benjamin Outram inventó un vehículo que circulaba sobre rieles de fundición tirado por dos caballos. Se utilizaba para transporte de mercancías, pero no fue explotado en ciudad como transporte colectivo hasta 1807 en Gales, Reino Unido, donde se empleaban carruajes sobre carriles remolcados por caballos. El coeficiente de rozamiento entre rueda y carril era mucho menor con respecto al pavimento existente.



Ilustración 2. Ejemplo de tranvía original [3]

Este medio de transporte se popularizó, se fue extendiendo por el mundo y se inventó la tracción a vapor para sustituir la tracción por medios animales. Esta alternativa no tuvo gran éxito por las molestias causadas por el humo emitido por las máquinas, lo que desembocó



en los tranvías eléctricos con origen en Berlín en 1879 y posterior expansión de redes electrificadas gracias a Werner Von Siemens. Se convirtió en el principal transporte urbano durante el comienzo del siglo XX, pero con la aparición del autobús y la falta de mantenimiento de las vías en muchas ciudades el tranvía quedó aparcado literalmente.

Sin embargo, actualmente nos encontramos en una situación de recuperación del tranvía. Este renacimiento se originó en Francia, tras la crisis del petróleo de 1973 y la gran saturación de vehículos en las ciudades, donde se construyen nuevas redes tranviarias a partir de 1985. Tras múltiples proyectos exitosos, numerosas ciudades europeas fueron implantando soluciones parecidas en sus alternativas de transporte. El avance tecnológico que ha vivido el sector ferroviario en las últimas décadas ha revolucionado en gran medida los tranvías, que han convertido a este medio de transporte colectivo en una opción con alto nivel de prestaciones de accesibilidad, baja acústica, rapidez, regularidad, comodidad y ecología siendo uno de los medios más respetuosos con el medio ambiente.

Para la ciudad de Santander, se van a plantear una serie de alternativas de trazado de tranvía ya que existen Manuales de Tranvías, metros ligeros [4], donde no se aconseja la construcción de un metro tradicional en una ciudad como la que nos ocupa.

“Para ciudades entre 100.000 y 500.000 habitantes, donde las distancias no suelen ser un problema para desplazarse a pie, la implementación de un metro convencional no resulta socialmente rentable y, en cambio, el sistema de tranvía es adecuado para ofrecer un servicio de mayor entidad que la red de autobuses. Con el añadido de que su accesibilidad será mejor que la del metro convencional y, contribuyendo además a la regeneración urbanística del entorno y al transporte sostenible.”

También cabe mencionar que se decidió descartar la opción de metro ligero porque, pese a tener muchas ventajas de seguridad y velocidad máxima debido al uso de plataforma reservada, en la zona de construcción que nos ocupa interesa que exista convivencia de tranvía, otros medios de transporte municipales, vehículos privados y peatones.

La propuesta del presente Trabajo Fin de Grado se basa en el empleo del tranvía, un sistema de tracción eléctrica y rodadura metálica capaz de compartir espacio viario, con gran capacidad y versatilidad para la movilidad ciudadana. Además, su tecnología innovadora lo hace más respetuoso con el medio ambiente que otros medios de transporte actuales ya que al utilizar energía eléctrica la emisión de CO₂ y otros elementos contaminantes se reduce considerablemente.

Por ello, la recuperación y promoción del tranvía como modo de transporte urbano está convirtiéndose en un rasgo distintivo de las políticas de transporte de muchos países y en particular las que se formulan desde el Gobierno de España [5]. Además, por ser un medio ecológico y eficiente encaja bien en la constante búsqueda de proyectos innovadores y la movilidad sostenible que persigue la ciudad de Santander [2].

1.3.1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA

En la actualidad la zona del Puerto de Raos no está conectada por medio de ningún medio de transporte público. La zona de Nueva Montaña se conecta a través del TUS y el aeropuerto dispone del servicio de autobús (Alsa) que enlaza con las estaciones de Santander. Las propuestas de trazado del presente trabajo son líneas de nueva creación con lo que no existen datos previos del número de pasajeros.

Para conocer la situación movilidad en el entorno de estudio se hará referencia a datos facilitados por el Gobierno de España, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana; se han consultado los mapas de tráfico de la Red de Carreteras del Estado. [6] En particular, los datos del año 2018, la última muestra publicada.

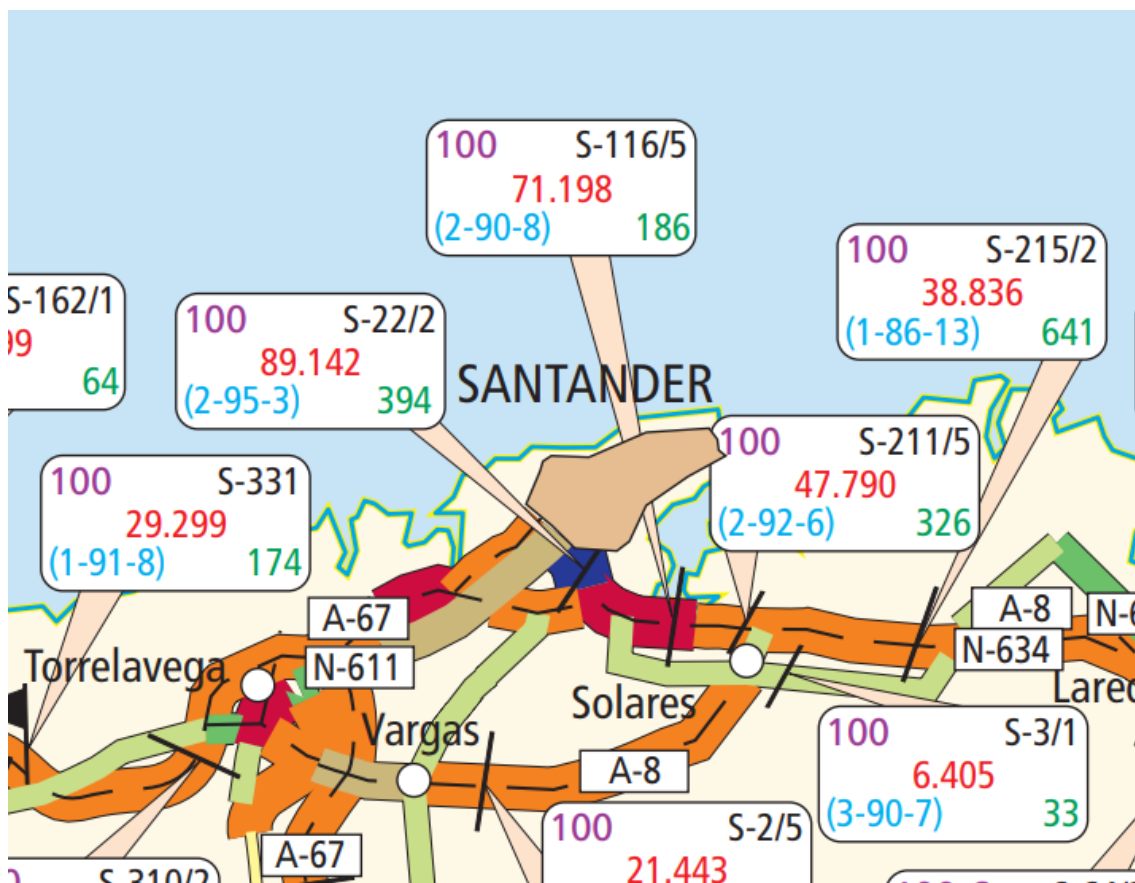


Ilustración 3. Mapa de tráfico en la Red de Carreteras del Estado, año 2018 [6]

En la imagen anterior se muestra la zona de Santander dentro del mapa general de Intensidad Media Diaria a nivel nacional del tráfico en la Red de Carreteras del Estado y Red Autonómica Prioritaria que, aunque puede servirnos para hacernos una idea del tráfico que frecuenta las carreteras del entorno de Santander, se va a consultar también el mapa elaborado con los accesos de las principales ciudades españolas.

Dentro de los accesos de entrada a Santander, el más colapsado de todos es precisamente la zona objeto sobre la que se propone el tranvía. En particular, la entrada a través de las S10 por la Marga es la que más IMD presenta, con 71.198 vehículos diarios, pintado en rojo en el mapa.

Cabe destacar también que en esa estación semipermanente número 116, se ha registrado un porcentaje de motos correspondiente al 2%, de vehículos pesados el 8% y el restante 90% corresponde a vehículos ligeros y un índice medio diario de 186 vehículos extranjeros por día.

Escasos kilómetros antes, en el tramo azul sobre el mapa, también en la S10 corresponde al tramo próximo al Aeropuerto Severiano Ballesteros a la altura de Maliaño donde se ve incrementado el volumen de tráfico, por lo menos hasta llegar a la incorporación de la A-67 a la altura del Polígono de Raos donde una parte de los vehículos se desvían en esta zona.

Esa estación de toma de datos número 22, en este caso secundaria, ha recogido en el año 2018 una I.M.D. correspondiente a 89.142 vehículos/día, los cuales se reparten en 2% motos, 3% vehículos pesados y 95% vehículos ligeros. Una media de 394 vehículos extranjeros pasa por esa carretera diariamente.

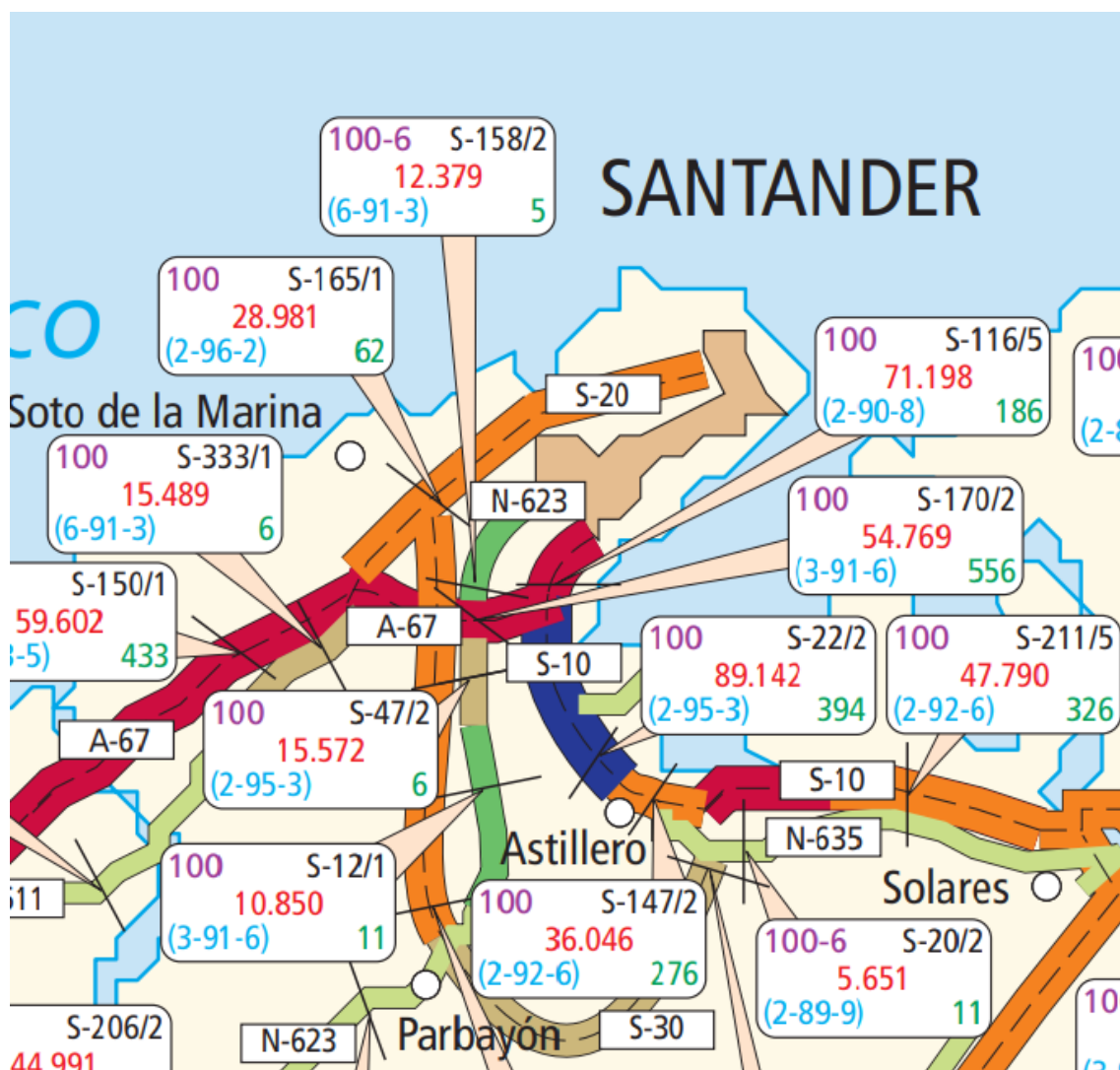


Ilustración 4. Análisis del tráfico en accesos a Santander. Año 2018 [6]

Se puede consultar el Anexo I de con el mapa tráfico y el de accesos a ciudades con datos de 2018, donde se puede ver en detalle la leyenda de las anteriores ilustraciones.

Las zonas de avenida de Parayas y del centro Comercial Bahía de Santander en Nueva Montaña sí que están conectadas mediante el Transporte Urbano de Santander, concretamente con las líneas 12, 19, 23 como se puede comprobar en las ilustraciones 71-74.

En cuanto al servicio de transporte público, actualmente la zona del Puerto de Raos, como ya se ha mencionado, no está conectada por ningún medio a excepción del taxi. El aeropuerto dispone del servicio de autobús de línea única operado por Alsa que conecta con las estaciones de Santander.

Según el estudio realizado por [7], más del 75% prefiere acudir al aeropuerto en transporte privado pero por norma general no está dispuesta a abonar los costes del aparcamiento

actual con lo que finalmente un 33% acude al aeropuerto en transporte público. El porcentaje restante se reparte en el 57% utilizar el autobús y el 10% elige el taxi como medio de transporte. Esta observación es un punto a favor para la construcción del aparcamiento disuasorio de la Marga, que está en estudio y que se enunciará en el apartado 5.3, y el enlace con el aeropuerto mediante el tranvía ya que la inmensa mayoría prefiere acudir en su propio vehículo, pero finalmente cerca del 60% termina eligiendo el autobús para llegar al aeropuerto.

En definitiva, el uso del vehículo privado se incrementa cuando no hay alternativas de transporte público como sucede para estas dos últimas áreas de Raos y Parayas. Como se viene indicando, dentro del Plan de Movilidad Sostenible [2], se está estudiando la manera de reducir el tránsito de vehículos privados por el centro de la ciudad como están haciendo en otras ciudades españolas, con lo que incentivar el movimiento de los ciudadanos en transporte público es una gran ayuda para conseguir dicho fin.

En diciembre de 2010 se inauguró la modernización de instalaciones que se realizaron en el aeropuerto para prepararle para mover un tráfico anual superior a los dos millones de pasajeros. Las estadísticas de tráfico aéreo proporcionadas por el aeropuerto Santander Seve Ballesteros indican que hay una tendencia de progresión ascendente, llegando a alcanzar los 1.174.896 pasajeros en el año 2019.

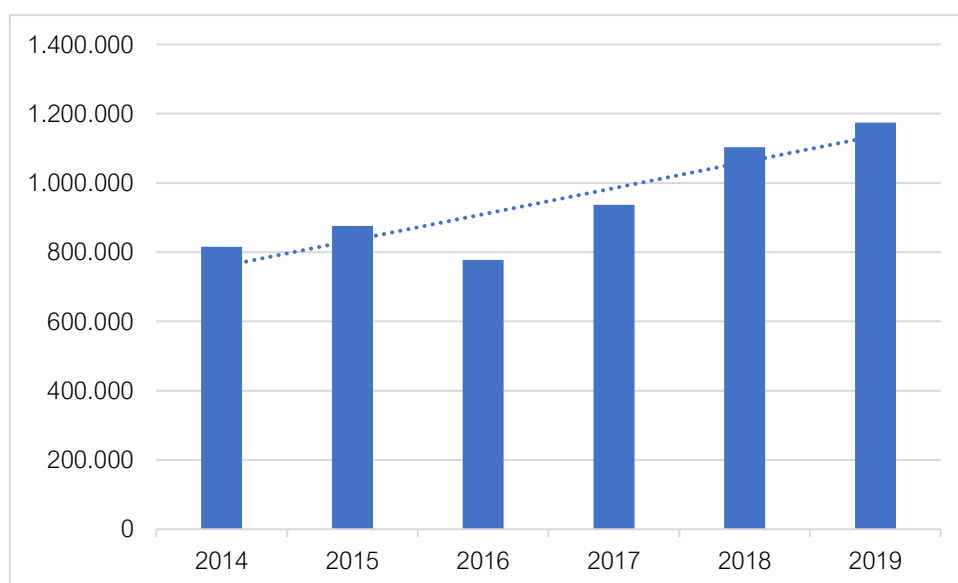


Tabla 1. Número de pasajeros por año en el aeropuerto Santander - Seve Ballesteros [8]

Según los resultados obtenidos en el estudio [7], se puede concluir en que sobre el total de pasajeros, cerca de 900.000 preferirían desplazarse en vehículo privado pero finalmente más de 700.000 lo hicieron en autobús.

En este mismo estudio [7] también se planteó la preferencia entre tranvía o autobús y solamente un 5% de los encuestados prefieren autobús frente al tranvía con lo que se puede apreciar que el tranvía podría tener gran acogida entre los usuarios.

En cuanto a las previsiones futuras, a nivel nacional [5] se plantea el fomento del transporte público colectivo, potenciar los modos más sostenibles y el uso racional del vehículo privado.

También se incluyen mejoras del transporte público como diseñar nuevas redes de transporte y fomentar el uso de este con una diversidad de propuestas entre las que se contemplan la coordinación de horarios entre diferentes medios de transporte, implantar billetes combinados, reducir el coste de billete a determinados colectivos, etc. En definitiva, hacerlo más atractivo para el usuario.

2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA TRANVIARIO

Este apartado trata de sintetizar las principales características del tranvía. El avance tecnológico que ha vivido el sector ferroviario en las últimas décadas ha revolucionado en gran medida todas ellas haciendo resaltar las ventajas sobre los inconvenientes.

Comenzando por las ventajas,

- Respeto al medioambiente. El tranvía es un medio menos ruidoso y contaminante que el autobús. Cuenta con una emisión de gases prácticamente nula y se considera más beneficioso que el autobús en zonas que ya sufren contaminación por el vehículo, apoyando así a contrarrestar el cambio climático lo que conlleva un menor impacto ambiental.



Ilustración 5. Comparativa de emisiones entre coche, autobús y tranvía [9]

- Sostenible. Consume menos energía que otro medio de transporte, y además es eléctrica, pudiéndose obtener de fuentes limpias.
- Infraestructura económica. En relación con el metro, su infraestructura es mucho más económica haciéndolo más viable. También se necesita menos energía para iluminar las paradas de tranvía frente a las de metro.
- Accesibilidad. La comodidad y accesibilidad al vehículo en los tranvías de piso bajo; los vagones cuentan con múltiples entradas a ras de suelo y el flujo de pasajeros en parada se produce de manera rápida sin producirse colas ahorrando tiempo en paradas. En particular para usuarios con bicicletas, carros de compra, coches de bebé, sillas de ruedas y personas mayores resulta atractivo en comparación con la



accesibilidad del metro al prescindir de escaleras u otras barreras para acceder a los andenes.

- **Fiabilidad del servicio.** Las cómodas entradas al vehículo favorecen el tránsito del tranvía y la fiabilidad en los plazos estimados para su recorrido. Además, los vagones cuentan con varias estaciones de validación del billete por lo que tampoco es motivo de demora. La fiabilidad del servicio permite sincronizar los horarios de transportes complementarios favoreciendo realizar trasbordos a los usuarios.
- **Capacidad.** Tiene gran capacidad de pasajeros. Un tranvía puede transportar al equivalente a 174 coches en mucho menos espacio, como se ha visto en la figura 3, y en consecuencia también mejora la fluidez del tráfico reduciendo la congestión por el uso del vehículo privado y la probabilidad de accidentes en carretera favoreciendo la sensación de seguridad en los centros urbanos.
- **Seguridad.** El tranvía es un modo de transporte seguro y no solo el que transcurre por plataforma reservada. Según un estudio realizado por [10] en ciudades alemanas, donde el tranvía comparte espacio urbano con otros vehículos y peatones, se producen una media de 0,4 accidentes por millón de personas/kilómetro, mientras que el tranvía se ve envuelto solamente en 0,09 accidentes.

Por otra parte, el hecho de que circule en superficie es apreciado por los usuarios del tranvía también al encontrar las paradas en la vía pública evitando así la falta de seguridad que se vive en muchos metros del mundo.

- **Comodidad.** La marcha del tranvía es mucho más cómoda y suave que la del autobús.
- **Bajo impacto visual.** Gracias a los avances tecnológicos, en zonas de especial valor arquitectónico y paisajístico interesa instalar tramos sin catenaria.
- **Regeneración urbana.** La implantación de un sistema tranviario supone una regeneración urbanística de su entorno, pudiendo otorgar una estética más actualizada y moderna a la ciudad, incorporando tecnología avanzada en elementos tan cotidianos como los pasos de peatones, dotando de mobiliario urbano moderno a la ciudad y aumentando las zonas verdes en los tramos donde no compartan espacio tranvía y otros vehículos.

En cuanto a las desventajas,

- **Ejecución de las obras.** Implica un mayor desembolso de infraestructura y vehículos en comparación con autobuses y menor coste por kilómetro que el metro. El coste resultante del desarrollo y ejecución del proyecto, así como la duración de las obras y posible obstaculización que ellas originen, pero hay que enfocarlo como una inversión a largo plazo y una regeneración positiva del entorno con la consiguiente generación de empleo en empresas del sector.



- Rigidez del recorrido. Al tratarse de recorridos sobre vías, los tranvías no pueden modificar su recorrido o sortear un obstáculo que hubiera sobre la vía.
- Impacto estético. Un tranvía que use catenaria se consideraría una desventaja en cuanto a la ruptura estética de la ciudad, sin embargo, dados los avances en el mundo tranviario existen numerosas opciones de imposición de tranvía sin catenaria aérea.
- Situación del trazado. En el caso concreto de plataforma o recorrido junto a la acera, como son los carriles bus habituales, los inconvenientes son:
 - Limitación o supresión de aparcamiento y el estacionamiento, aunque si existen aparcamientos disuasorios en la ciudad no debería ser un problema.
 - Limitación o dificultad de acceso a vados y edificios, dependiente del trazado.
 - Dificultad de las operaciones de carga y descarga, en caso de proximidad a éstas.
 - Coexistencia con los carriles bici, en caso de haberlos.

Estas situaciones pueden convertirse en una ventaja como ha pasado en ciudades como París, ambos carriles, bus y bici, se han fusionado en uno solo de mayor anchura. Se verá también más adelante como en ciudades como Ámsterdam, conviven a la perfección peatones, tranvía y bici.

En definitiva, las prioridades clásicas establecidas en los repartos sobre el perfil viario organizadas sobre bandas de asfalto para circulación motorizada y acerado para peatones dificultan el diseño de redes para los modos de transporte sostenible. Como sistema de transporte colectivo ofrece un marco para la concepción integral del transporte que permite diseñar un sistema físico y funcional de la ciudad muy diferente.

En particular para la ciudad de Santander la principal ventaja de la imposición del sistema tranviario que se propone en este Trabajo Fin de Grado es la comunicación del núcleo urbano de Santander con áreas que antes no tenían conexión mediante transporte urbano como es el Puerto de Raos. Además, se abren las opciones de desplazamiento para zonas como Nueva Montaña y Parayas.

También se otorgaría a Santander de una estética moderna en las zonas de tránsito del tranvía con mobiliario y servicios urbanos e implicaría una gran remodelación urbanística y paisajística que llevaría a la reactivación de zonas más olvidadas en ese sentido como Raos y Parayas.

En concreto en Santander el sistema de transporte urbano establecido es el autobús y, con respecto a éste, el tranvía tiene numerosas ventajas medioambientales y de comodidad para el viajero como se han mencionado. Con esta propuesta de transporte también se pretende que se utilice en menor medida el vehículo privado para desplazarse hasta las zonas propuestas con lo que se reduciría la contaminación ambiental y sonora emitida por éstos.

Como se verá más adelante, en ciudades españolas conviven a la perfección diferentes medios de transporte público como son el autobús y el tranvía. Más concretamente, en Zaragoza una vez implementados estos dos servicios se plantearon apostar por un autobús eléctrico o impulsar una nueva línea de tranvía. Según el Plan de Movilidad de Zaragoza [11], el coste por pasajero en el autobús dobla al del tranvía (0,064 euros por plaza y



En el camino constante de la ciudad de Santander hacia la movilidad sostenible la instalación de un medio de transporte totalmente eléctrico son un paso hacia adelante para el reto de la ciudad [2].

Este apartado pretende mostrar ejemplos de implantación de sistemas de tranvía o metro ligero en otras ciudades. En primer lugar, se abordarán ejemplos internacionales, posteriormente europeos y, por último y más cercanos, nacionales.

Con estas muestras de tranvía por el mundo, se pretende utilizar la tecnología y experiencias de otras ciudades para trasladar aprendizajes positivos y eficientes a la ciudad de Santander.

Actualmente el tranvía, junto con otros medios ferroviarios, son utilizados en la mayoría de los países desarrollados. En el siguiente mapamundi se muestran en verde los países con sistemas de tranvía funcionando en la actualidad.



En los siguientes apartados se ahondará en ejemplos de tranvía implantados en China y Estados Unidos.

3.1.1. EJEMPLO EN CHINA – HONG KONG

Hong Kong cuenta con una red de transporte altamente sofisticada y desarrollada. En concreto, el tranvía es el medio más ecológico del que disponen. La empresa actual, Hong Kong Tramways, opera desde el año 1904 e inició su andadura con tranvías de un solo piso que fueron construidos en Reino Unido y ensamblados en Hong Kong. En 1913, debido a la fuerte demanda de pasajeros, se introdujo el primer tranvía de dos pisos. Estos vehículos se asemejan a los típicos autobuses londinenses.



Ilustración 7. Sistema de doble vía que sustituyó el de vía única en 1949 [13]

En la actualidad, Hong Kong cuenta con la flota de tranvías de dos pisos más grande del mundo y transporta un promedio de 200.000 pasajeros al día. La compañía cuenta con 165 tranvías y su trazado recorre 30 km en 6 rutas diferentes, con 120 paradas en total.

También tienen un cierto carácter sentimental hacia este medio de transporte y hasta sus legendarios tranvías son reconocidos por National Geographic.

Tal es esta admiración que la propia empresa vende todo tipo de merchandising relacionado con sus tranvías y hasta ofrece el alquiler de distintos vehículos de tranvía para el festejo de cualquier evento.



Ilustración 8. Singular tranvía de dos pisos de Hong Kong [14]

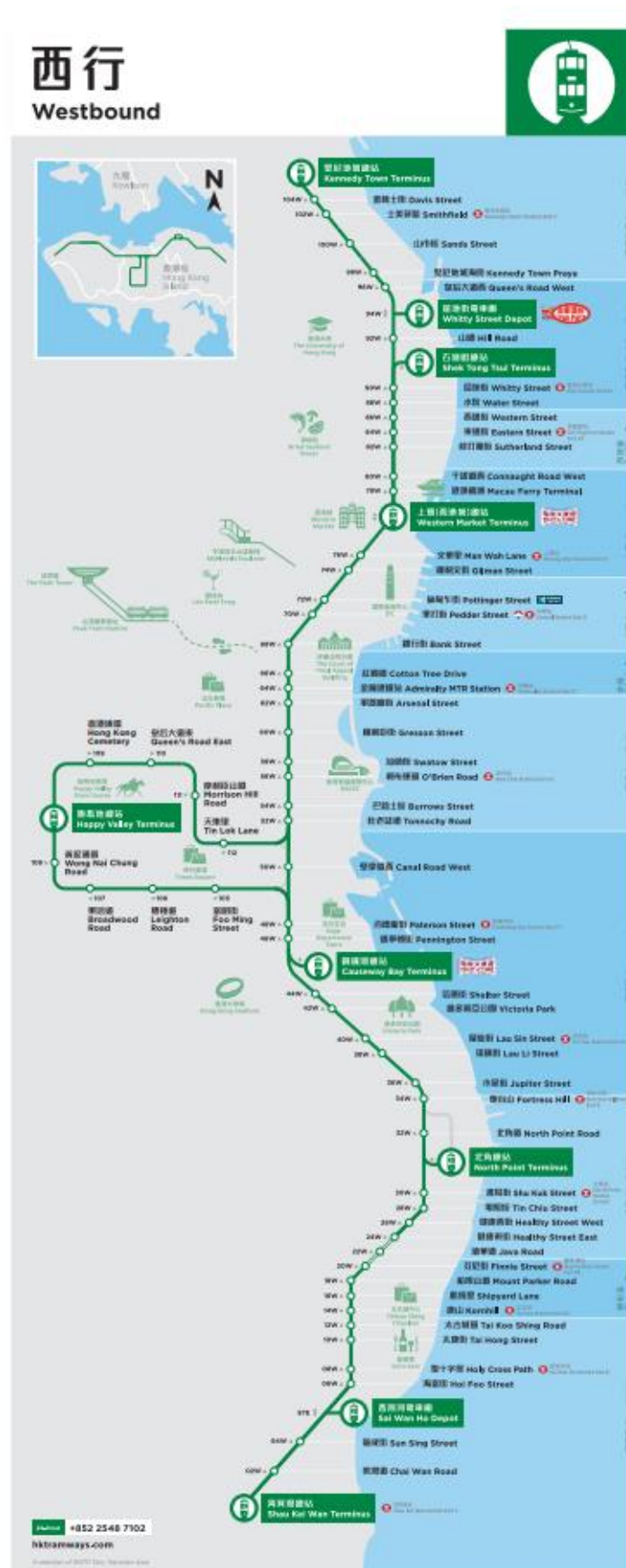


Ilustración 9. Sistema tranviario de Hong Kong [13]

China es uno de los países pioneros en el mundo en el uso del tranvía y lo tienen en constante estudio e innovación. En el año 2017 entró en funcionamiento el primer tranvía 100% eléctrico de tránsito autónomo denominado ART (Autonomous Rail Rapid Transit) en la ciudad de Yibin, Sichuan, desarrollado por CRRC Zhuzhou Institute Co Ltd. Estéticamente es como un tranvía, pero con la movilidad de un autobús. El tren, de piso bajo, tiene 30 metros y cuenta con tres vagones y cabinas de conducción a ambos lados permitiendo así su uso bidireccional. Puede alcanzar una velocidad de 70 km/h y transportar hasta 300 pasajeros. Dispone de neumáticos de caucho. La peculiaridad de este medio de transporte es que no necesita vías, circula siguiendo ópticamente un rail virtual pintado en el asfalto gracias a cámaras, sensores y tecnologías GPS y LIDAR. Funciona gracias a grandes baterías de litio que recarga en las paradas en 30 segundos o al final de la línea en 10 minutos [4].



Ilustración 10. Tren ART T1 en su inauguración [15]

Este se considera un gran avance en el mundo del transporte ecológico urbano ya que supone un enorme ahorro de costes en cuanto a infraestructura en comparación con un sistema de tranvía o metro. Solamente se necesita el desembolso inicial del propio vehículo, así como el pintado de “raíles” de su recorrido.

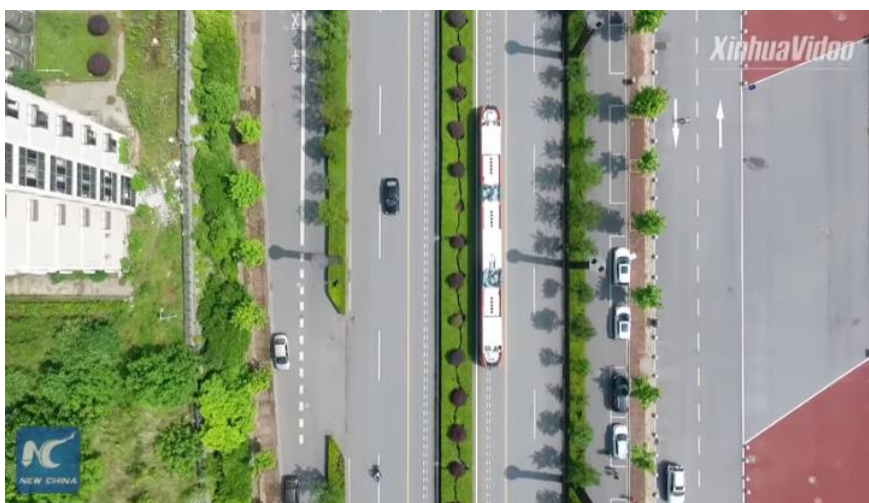


Ilustración 11. Tren ART T1 de CRRC [16]

3.1.2. EJEMPLO EN EE. UU. – SAN FRANCISCO

La ciudad de San Francisco tiene una red de transporte público muy completa. Cuentan con autobús, metro, tranvía convencional, tranvía histórico y funicular.

En cuanto a la implantación del tranvía, los primeros tranvías eran arrastrados por caballos y en 1873 se impuso el primer tranvía eléctrico.

Actualmente es operado por SFMTA (San Francisco Municipal Transportation Agency) [17], comúnmente llamado Muni, cuentan con 151 vehículos de tren ligero distribuidos en siete líneas.

Uno de los peculiares símbolos de esta ciudad con calles especialmente empinadas es el funicular o *cable car*, declarado Patrimonio Histórico Nacional en 1964. Es el único tranvía del mundo que funciona de manera totalmente manual. En lugar de hacerlo con motores, funciona con una pinza accionada desde una palanca cuya función es agarrar o soltar el cable que va enterrado bajo las calles de la localidad. Pese a su elevado gasto de mantenimiento, puesto que tienen que cambiar los cables cada dos o tres meses, se mantiene activo por el atractivo turístico que tiene. Existen tres rutas para este peculiar tranvía.

A continuación, aparecen fotografías de uno de los típicos *cable car* y de un tranvía moderno de San Francisco.



Ilustración 12. Cable Car en San Francisco [18]



Ilustración 13. Tranvía moderno de San Francisco [12]



Ilustración 14. Red de tranvías históricos en San Francisco [19]

3.2. EL TRANVÍA EN EUROPA

Entre los años 1980 y 2019, un total de 92 ciudades construyeron sistemas de tren ligero nuevos o ampliados en Europa. Cerca de 290 ciudades europeas disponen de red de tren ligero. Como se mencionó en la introducción de este trabajo, debido a la crisis del crudo y la búsqueda de alternativas de transporte que no dependieran del petróleo fueron muchas las ciudades europeas que optaron por este medio de transporte.

Dentro de este apartado se mostrarán diversos escenarios de tranvía en países como Polonia, Bulgaria y Holanda que he tenido la fortuna de poder visitar en los últimos años.

3.2.1. EJEMPLO EN POLONIA – CRACOVIA

El Metropolitano de Cracovia fue inaugurado en 1882 como tranvía y en 2008 como metro ligero. La red de tranvías de Cracovia cubre 86,5 km de recorrido y está compuesta por 24 líneas regulares y 3 nocturnas. Los coches que se utilizan en las líneas son de lo más variado, desde coches de los años 70 hasta modernas unidades de la canadiense Bombardier. Como peculiaridad, existe una ‘línea museo’ que opera los domingos y festivos de verano, en la que circulan coches y vagones antiguos [20].

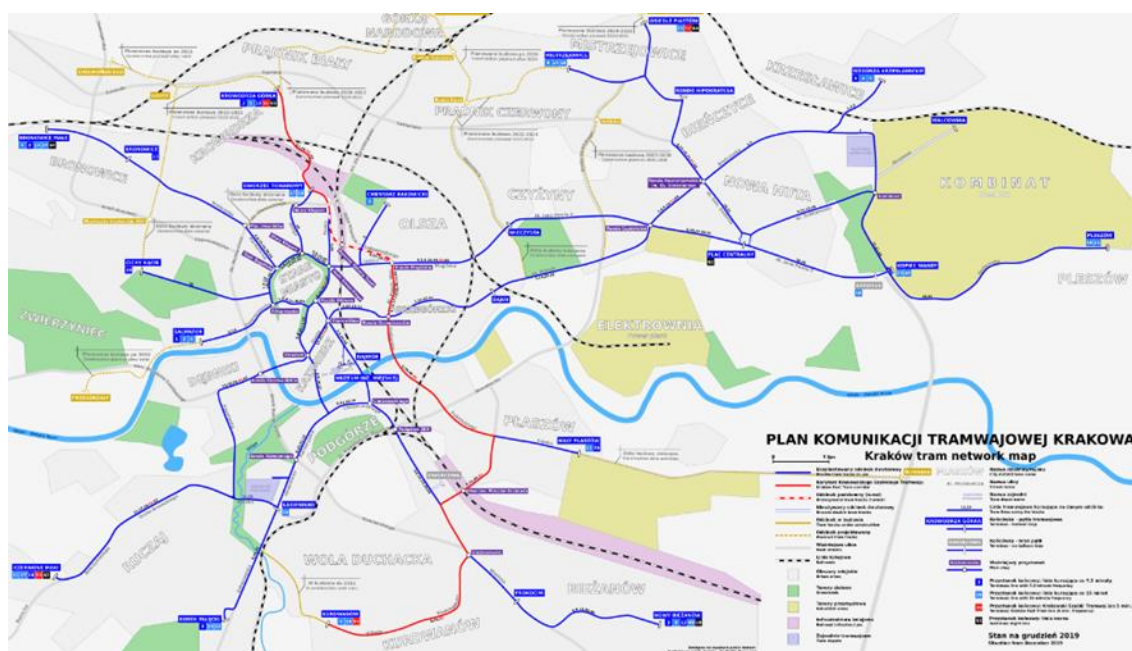


Ilustración 15. Sistema tranviario de Cracovia [21]



Ilustración 16. Tranvía de la línea 24 de Cracovia.



Ilustración 17. Tranvía de la línea 24 a su paso por un puente.



Ilustración 18. Tranvía de línea 24, plataforma compartida con otros vehículos y peatones.



Ilustración 19. Coincidencia de las líneas 13 y 19 de tranvía de Cracovia.

En estas fotografías se puede apreciar la aglomeración de cables que se encuentra en el entorno.



Ilustración 20. Línea 6 del tranvía de Cracovia.

En esta última fotografía de dos carriles se aprecia las vías del tranvía en ambos. Con una buena coordinación semafórica es posible una buena coexistencia de tranvía y vehículos.

3.2.2. EJEMPLO EN BULGARIA – SOFÍA

La ciudad de Sofía, capital de Bulgaria, cuenta con alternativas de transporte muy amplia, cubriendo más de 250 rutas establecidas con autobuses, trolebuses, tranvías, metro y taxis compartidos.

La red de tranvías de la ciudad de Sofía, comenzó a operar el 1 de enero de 1901. Hacia el 2006, el sistema de tranvías contaba con 308 km de vías unidireccionales con ancho de vía estrecha y estándar.

El 1 de diciembre de 1898 la ciudad capital otorgó concesiones a compañías francesas y belgas para construir líneas de tranvía. La primera línea de tranvía fue inaugurada el 1 de enero de 1901 y su construcción tardó poco más de un año. Inicialmente el servicio era prestado por 25 coches con motor y 10 unidades sin motor (de arrastre o tracción animal) en una trama de seis líneas con una longitud total de 23 km y ancho de 1000 milímetros.

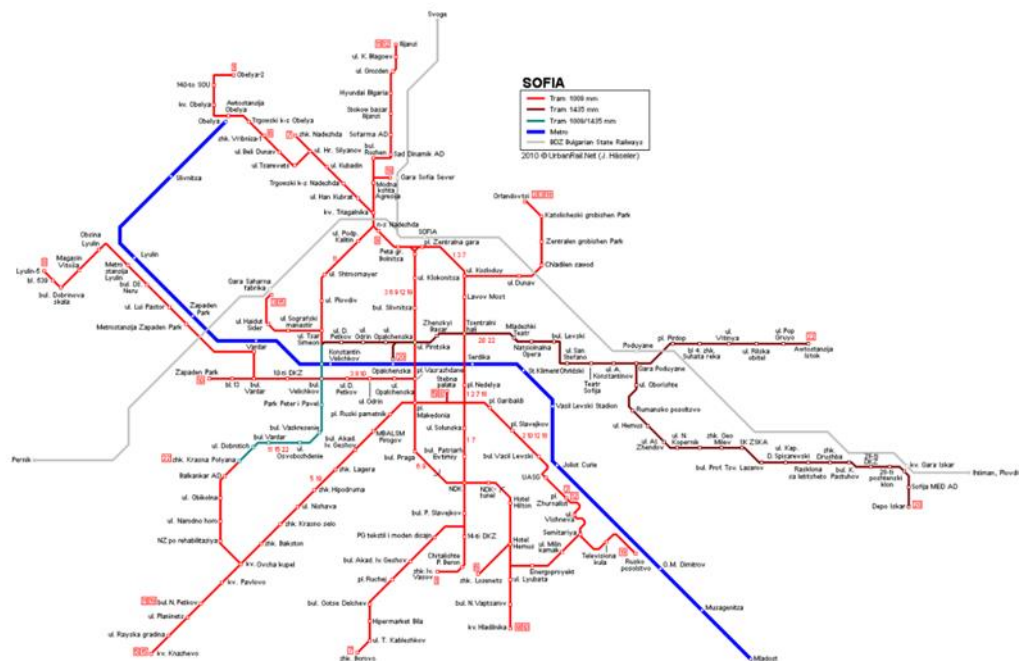


Ilustración 21. Sistema tranviario de Sofía [22]



Ilustración 22. Tranvía de la línea 12 de Sofía.



Ilustración 23. Tranvía línea 22 de Sofía.



Ilustración 24. Tranvía de la línea 4 de Sofía.



Ilustración 25. Vías de tranvía y tendido eléctrico en Sofía.



Ilustración 26. Coexistencia de vehículos y tranvía en la ciudad de Sofía.



Ilustración 27. Tendido eléctrico de la ciudad de Sofía.

El tendido eléctrico en la ciudad de Sofía es constante, dando la impresión de que el cableado está por todas partes, entorpeciendo en cierto modo la vista hacia cualquier lugar. La fotografía anterior es un claro ejemplo de lo que se menciona.

3.2.3. EJEMPLO EN HOLANDA – ÁMSTERDAM

La red de tranvías en Ámsterdam es la más grande de los Países Bajos y una de las más grandes de toda Europa. Su origen data de 1875 y ha sido regentado por el operador municipal de transporte público Gemeentelijk Vervoerbedrijf (GVB) desde 1943.

Dispone de 15 rutas de tranvía que cubren un total 80,5 kilómetros. El ancho de vía es estándar y desde 1900 funcionan con electricidad. La gran mayoría de líneas puede ser operada por tranvías unidireccionales. La flota cuenta con 200 tranvías de los cuales 24 son bidireccionales.



Ilustración 28. Sistema tranviario de Ámsterdam [23]

En esta ciudad conviven a la perfección peatones con tranvías, lo consideran algo natural e intrínseco de su ciudad. He podido comprobar en la visita por esa zona comercial que los conductores del tranvía modulan su velocidad al adentrarse en calles con mucho tránsito, permitiendo a los transeúntes apartarse a su paso, siempre de manera bastante silenciosa usando la campana de aviso de paso en muy pocas ocasiones.



Ilustración 29. Calle comercial con tendido eléctrico.



Ilustración 30. Calle comercial con tranvías a su paso.



Ilustración 31. Tendido eléctrico en la ciudad de Ámsterdam.



Ilustración 32. Distribución de carriles en una calle de la ciudad.



Ilustración 33. Zona de paso de tranvía en un parque.

Ámsterdam también es un claro ejemplo de ciudad en la que bici y tranvía conviven a la perfección.



Ilustración 34. Construcción de nuevo tramo de tranvía en Ámsterdam.

Están constantemente actualizando la infraestructura y construyendo nuevas líneas por la ciudad donde el tráfico de turismos privados está muy regulado. Se penaliza con unas tasas muy elevadas toda circulación por el centro de la ciudad en vehículo privado. Es una de las

razones por las cuales los servicios de transporte público e incluso la bicicleta, además de por la orografía de la ciudad, tienen tanto éxito. Estas formas de control del tráfico en ciudades ya han llegado a España, en ciudades como Madrid o Bilbao están limitando la entrada de determinados vehículos privados a sus núcleos urbanos.



Ilustración 35. Construcción de tramo de vía en placa en Ámsterdam.

3.3. TRANVÍAS EN ESPAÑA

En la actualidad hay bastantes ciudades españolas que cuentan con línea de tranvía, aunque para nada notorio, sin embargo, muchas también están en búsqueda del transporte sostenible y se están planteando incorporar el tranvía como forma de transporte urbano.

En este apartado se conocerán detalles de los tranvías de Santa Cruz de Tenerife, Madrid, Bilbao y Vitoria.

Ilustración 36. Ciudades españolas con tranvías en servicio [24]



3.3.1. EJEMPLO EN SANTA CRUZ DE TENERIFE - TENERIFE

Inaugurado a mediados del 2007, conecta Santa Cruz de Tenerife con San Cristóbal de La Laguna. El trazado se compone por dos líneas y hay una tercera que discurre por la costa en proyecto.

Aunque Tenerife ya tuvo tranvía en funcionamiento desde 1901 hasta 1951, actualmente es la única red de transporte ferroviaria que existe en las Islas Canarias. Cuenta con una longitud de 15,1 km y un total de 27 paradas entre las dos líneas.



Ilustración 37. Sistema tranviario de Tenerife [25]



Ilustración 38. Línea 1 del tranvía de Tenerife a su llegada a la parada Intercambiador.



Ilustración 39. Coincidencia de dos tranvías de la línea 1 de Tenerife.



Ilustración 40. Tranvía pasando por zona ajardinada en la estación de guaguas de Tenerife, punto de conexión con otros medios de transporte.



Ilustración 41. Tendido eléctrico en la ciudad de Tenerife.

En la ciudad de Tenerife existe un trazado de tranvía y tendido eléctrico bastante limpio. Se emplea una catenaria aérea de 750V en corriente continua.

3.3.2. EJEMPLO EN BOADILLA DEL MONTE – MADRID

La ciudad de Madrid tuvo tranvía durante cien años, desde 1871 y desde 1899 en línea electrificada. Finaliza su funcionamiento el 1 de junio de 1972. Cabe destacar también que cuenta con metro desde 1919 y no es hasta el 24 de mayo de 2007 cuando se inaugura la red del Metro Ligero de Madrid.

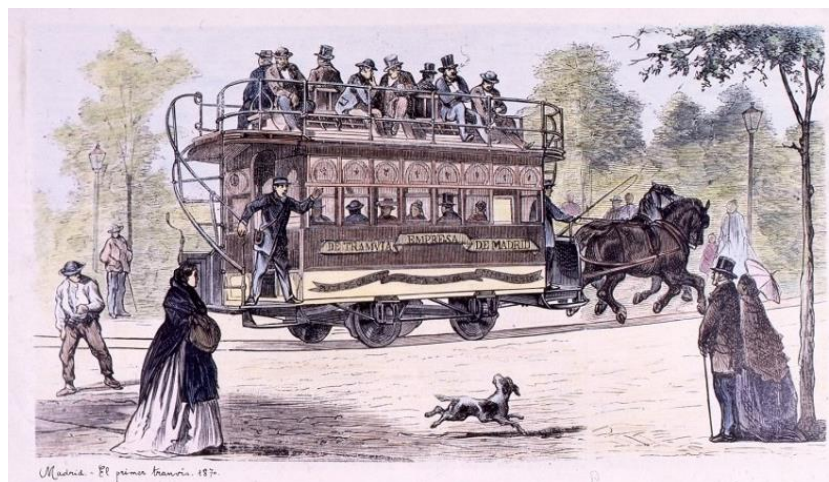


Ilustración 42. Grabado de la época con uno de los primeros tranvías de la capital a tracción animal en 1870 [26]



Ilustración 43. Tranvías de mulas circulando por la Puerta del Sol de Madrid, 1885 [27]

La red de metro ligero dispone de 3 líneas y 37 estaciones, recorre una longitud de 27,8 km (de los cuales una parte discurre bajo tierra en la localidad de Pozuelo y en el distrito de Hortaleza). Estas líneas conectan por la zona norte de Madrid: Pinar de Chamartín, Sanchinarro y Las Tablas; y, en la zona oeste, conecta el área metropolitana de Pozuelo de Alcorcón y Boadilla del Monte con el centro de la ciudad.

Entre sus paradas cuenta con múltiples de tipo intercambiador para permitir el cambio de modalidad de transporte a servicios como el Metro de Madrid o Cercanías.

La flota se compone por trenes ligeros del modelo «Citadis», fabricados por la compañía francesa Alstom. Alimentados por una catenaria aérea a 750 Voltios a corriente continua y pueden alcanzar una velocidad punta de 70 km/h.



Ilustración 44. Parada de metro ligero en Boadilla del Monte.

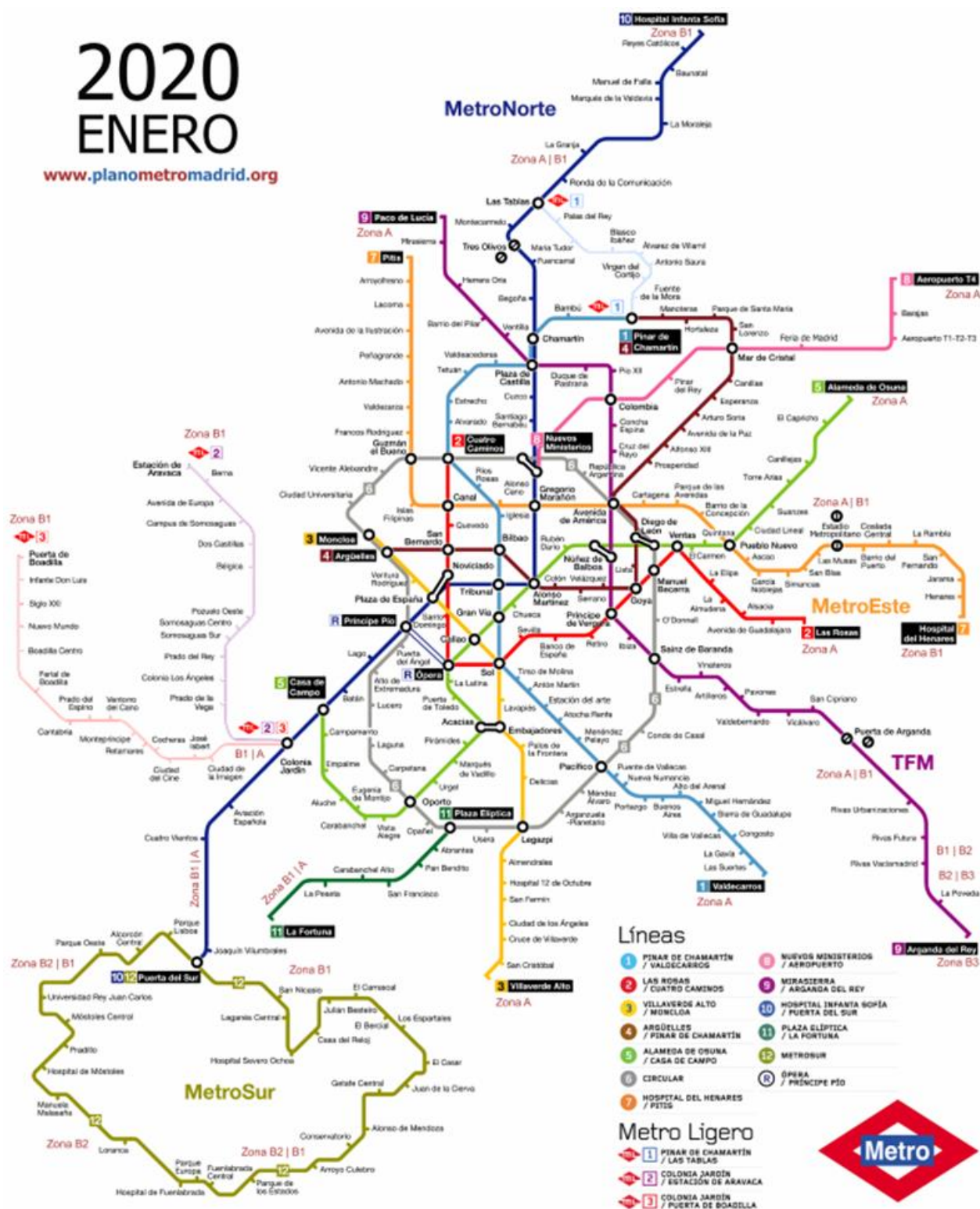


Ilustración 45. Sistema de metro y tranvía en la ciudad de Madrid [28]



Ilustración 46. Vehículo del metro ligero de Madrid [29]

3.3.3. EJEMPLO EN BILBAO Y VITORIA – PAÍS VASCO

El País Vasco contaba en el pasado con importantes redes de tranvía que circularon entre 1876 y 1964. Fue en el año 2002 cuando se dio el primer paso para su reaparición con la inauguración de la primera línea de tranvía moderno en Bilbao y en 2008 la línea de Vitoria-Gasteiz, ambas bajo el nombre comercial de *EuskoTran*, ahora llamado *Euskotren tranbia*.



Ilustración 47. Tranvía de Vitoria pasando por glorieta [30]

El tranvía de Vitoria cuenta con dos líneas que recorren 6,23 km y 6,83 km respectivamente, buena parte del recorrido es coincidente ya que las líneas parten de puntos diferentes de la ciudad y pasan a unirse en un mismo recorrido en forma de Y. Hacen parada en 15 y 17 puntos de la ciudad respectivamente.

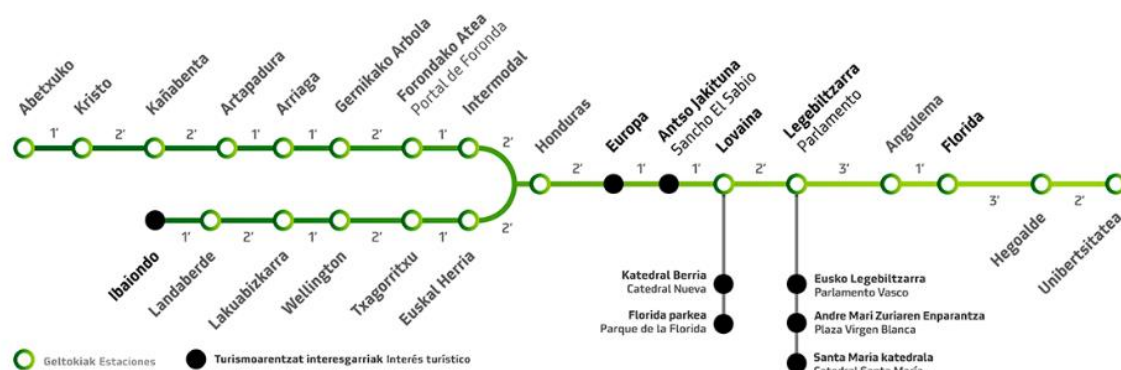


Ilustración 48. Recorrido del tranvía de Vitoria [30]

Cuentan con una flota de 10 vehículos de 31 metros de longitud y son 100% de piso bajo. Destaca su modularidad ya que está concebido para obtener una composición de siete módulos por adición de dos módulos intermedios a la composición básica.



Ilustración 49. Tranvía de Vitoria a su paso por la Catedral María Inmaculada [31]

El tranvía de Bilbao cuenta con una línea que recorre 5.57 km y cuenta con 14 paradas. Cuenta con una flota de 8 unidades de tranvía, con 25 metros de longitud y 70% piso bajo para vía métrica, formado por tres cajas articuladas que descansan sobre dos bogies motores en sus extremos, uno portante, en la central. También está concebido, como el de Vitoria, para la adición de hasta dos módulos intermedios si fuera necesario.



Ilustración 50. Tranvía de Bilbao a su paso por el Guggenheim.



Ilustración 51. Recorrido del tranvía de Bilbao [30]

Esta línea que ha sido ampliada desde sus orígenes continuará expandiéndose hasta cerrar un anillo tranviario por la ciudad y alcanzar las zonas de Zorrozaurre y Basauri.

Además, se encuentra en construcción otra línea para llegar a la zona de universidades y en proyecto otra línea para Baracaldo.

4. EL TRANVÍA DE SANTANDER. ANTECEDENTES

La ciudad de Santander ha contado en su historia con una de las redes de tranvía más amplias y complejas de España, debido principalmente al gran número de empresas concesionarias, a la convivencia de tres sistemas de tracción; sangre, vapor y eléctrica, y a la existencia de hasta cinco anchos de vías diferentes [32]. En este apartado se va a analizar la implantación y desarrollo de este sistema en la ciudad.

Durante la segunda mitad del siglo XIX se pone de manifiesto un interés creciente por conectar el centro de la ciudad y la zona del primer ensanche burgués hacia el este, próxima



al muelle de Calderón, con el nuevo entorno balneario y de ocio situado junto a las playas del Sardinero que estaba adquiriendo carácter turístico. Este interés coincide con los procesos de desarrollo socioeconómico y de crecimiento de tejido urbano [33].

Otro espacio con gran expansión urbana fue el situado en el extremo opuesto al Sardinero, en la zona de entrada a la ciudad por el oeste, en el sector de Cuatro Caminos y de la Alameda segunda, más tarde llamada Alameda de Oviedo. Tenía gran afluencia como lugar de paseo sobre todo en los meses de verano donde se celebraban las ferias de Santiago a partir de la década de 1870.

A partir de entonces, el aumento de población, ampliación de la ciudad con terrenos ganados a la bahía, la expansión económica provocada por el Puerto de Santander y la necesidad de enlazar zonas más céntricas de la ciudad con estos espacios del extrarradio motivará la aparición de distintas iniciativas privadas que se van a ir sucediendo y en las últimas décadas del siglo XIX determinan la creación de diferentes líneas de tranvía para dar solución a esas primeras necesidades de servicios de transporte urbano.

Cabe mencionar también, que el enlace ferroviario que unía Santander con la Meseta favoreció enormemente la llegada de turistas castellanos y madrileños a las playas del Sardinero. Entonces, existía un servicio de carruajes tirados por mulas y caballos que salían del centro urbano hacia los baños de ola. La empresa encargada del transporte tuvo como director a Juan de la Pedraja, industrial y comerciante de la ciudad que además ocupó el puesto de alcalde entre 1843 y 1846.

Para facilitar el transporte de turistas y bañistas se construyó un camino de casi 3 km que conectaba el núcleo urbano, desde la Plaza del Este, pasando por la zona interior de Miranda, años más tarde pasaría a llamarse el camino viejo de Miranda, conocido hoy como calle de Casimiro Sainz. Desde ahí se incorporaba al llamado actualmente paseo de Canalejas, que era un trazado irregular y tortuoso con una considerable pendiente hacia el trayecto bastante incómodo para los pasajeros.

Iniciativas privadas locales propusieron mejoras de los medios de enlace, en particular la denominada Unión Mercantil presentó un proyecto para establecer una línea de tranvías tirados por mulas con salida desde la calle de Calderón a finales de la década de 1860.

En 1859 se presenta en el Ayuntamiento un proyecto para la construcción de un nuevo camino hacia la zona de playas bordeando la bahía, atravesando los barrios de San Martín y de La Magdalena. También se propone otro proyecto de camino alternativo al de Miranda, que se inaugura en 1864 llamado paseo de la Concepción, más tarde Menéndez Pelayo.

En 1872 se retoman los planes de la Unión Mercantil por una sociedad asentada en Madrid, de la cual formaban parte Juan Manuel Morales García y Pedro Ruiz Castellanos. En 1873 ponen a la cabeza del proyecto al anterior beneficiario Santos Gandarillas como director gerente; se crea entonces la sociedad colectiva La Santanderina para construir y explotar dicho tranvía.

Se produjeron numerosas dificultades en cuanto a cesión y acondicionamiento de terrenos por parte del Ayuntamiento, además que numerosas casas burguesas se encontraban en construcción en la zona del Muelle por el que debía pasar el tranvía. El 24 de junio de 1875 se pone en circulación el primer tranvía de Santander movido por tracción animal, contaban con una cuadrilla de 32 mulas para ello [34].



Ilustración 52. Parada del tranvía de la costa en la plaza del Pañuelo junto a la Primera playa del Sardinero, al fondo el primer Casino [35].

El trazado contaba con un recorrido de 4.604 metros y ancho de vía de 1.400 milímetros, discurría entre prados y terrenos agrestes por el camino abierto para su paso a orillas del mar, bordeando la bahía. Fue llamado el Tranvía de la Costa o Tranvía de Gandarillas.

Años más tarde ese camino por el que transcurría el tranvía pasaría a llamarse avenida de la Reina Victoria, ampliando su anchura y acondicionando todo un trayecto de paseo hacia el Sardinero. En las siguientes décadas de funcionamiento del Tranvía de la Costa, partía de la plazuela del Príncipe y de los Arcos de Dóriga y circulaba por las nuevas calles de Hernán Cortés, Wad-Ras y General Espartero hasta alcanzar el barrio de Molnedo y la calle Juan de la Cosa. Contó con apeaderos en San Martín y en La Magdalena, finalizando su recorrido en la plaza del Pañuelo frente al Gran Hotel y Casino donde se ubicaron las cocheras y oficinas del tranvía. En cuanto finalizaba la temporada estival, contaba con una autorización de suspensión de la circulación durante seis meses al año sin incurrir en caducidad.



Ilustración 53. El tranvía de la costa, con tracción eléctrica por la avenida de la Reina Victoria (1923) [35]

En 1877 se adquirieron locomotoras de vapor que llamaron “Santander” y “Sardinero” capaces de trasladar cada una hasta ciento setenta pasajeros en diferentes vagones. Así, los animales de tiro fueron definitivamente reemplazados en esta línea. En 1879 se compró una tercera máquina de vapor denominada “Magdalena”.



Ilustración 54. Tranvía de Gandarillas a su paso por Hernán Cortés [32]

Visto el éxito de este nuevo medio de transporte hacia las playas y el incremento anual de la afluencia veraniega de público hacia el Sardinero, se solicitó licencia para establecer un nuevo tranvía de vapor que enlazara con la zona de playas pasando esta vez por el barrio de Tetuán. Se otorgó la autorización para los estudios en octubre de 1888 y la concesión en septiembre de 1890. Aunque permanecieron de primeras en la sombra, los promotores de este proyecto fueron los hermanos Pombo, y así se conoció popularmente, como el Tranvía de Pombo.



Ilustración 55. Tranvía a vapor en Santander [36]

El itinerario del Tranvía de Pombo partía de las calles del Martillo y Daoíz y Velarde, pasaba por Peña Herbosa y continuaba por el barrio de Molnedo en la vaguada de Tetuán, donde atravesaba un túnel construido para llegar sin necesidad de salvar excesivos desniveles a la plaza del Pañuelo. El recorrido era de 2.460 metros con un ancho de vía de 1.030 milímetros y aunque el proyecto no fuera tan agradable desde el punto de vista paisajístico, se redujo el coste para el concesionario y el tiempo invertido por los viajeros. Fue inaugurado el 24 de junio de 1892, coincidiendo con la fiesta de San Juan en homenaje a Juan Pombo.

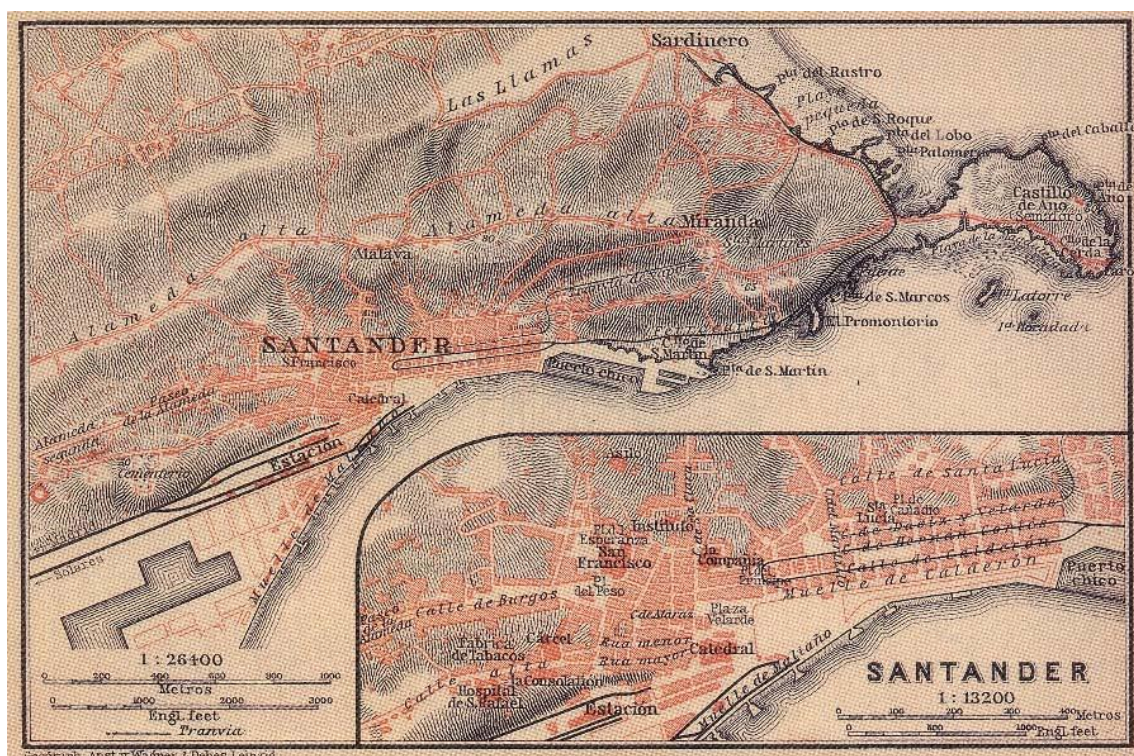


Ilustración 56. Plano de Santander con el trazado de los dos tranvías de vapor al Sardinero existentes, Gandarillas y Pombo (1913) [34]

Cronológicamente después del Tranvía de Gandarillas y antes del de Pombo, se puso en funcionamiento una segunda línea de tranvías llamado tranvía urbano en octubre de 1880. El proyecto fue presentado por Juan Pablo Gutiérrez Colomer y tenía como objetivo establecer un servicio de transporte usando tracción animal que enlazara la estación de ferrocarril del Norte con la Alameda primera, calle Jesús de Monasterio en la actualidad, y, por otro lado, la estación del Norte con Puertochico y el barrio de Molnedo.

Pocos meses después de la propuesta de Colomer, Santos Gandarillas, director de La Santanderina, viene a contraponerse con otra propuesta de tranvía de vapor entre Molnedo y la estación de ferrocarril del Norte, próxima a las calles de Cádiz, Méndez Núñez y Calderón de la barca, con una prolongación hasta la zona del Ensanche de Maliaño. En 1881 Gandarillas también plantea la extensión del trazado hasta la Alameda primera, quedando así ambas propuestas equiparadas en cuanto a itinerarios y dejando a la vista la notable competencia empresarial existente.

A comienzos de 1883 el Ayuntamiento inicia la urbanización de la calle San Fernando, también se derriban las tapias y vallas de cierre de distintas fincas particulares, entre ellas la de la fábrica de cervezas La Cruz Blanca instalada en 1860, como parte de integración urbana.

Ese mismo año se creó la empresa del Tranvía Urbano de Santander para desarrollar el proyecto de tranvía propuesto por Colomer y comenzaron las obras de este, haciéndolas coincidir con los trabajos municipales. Dichas obras se efectúan entre finales de mayo y mediados de julio de 1883, y el 24 de julio de 1883 se inaugura el servicio de transporte en tranvía tirado por fuerza animal que contaba con dos secciones; una de Molnedo (Puertochico) a la estación de ferrocarriles del Norte, y otra de Molnedo a la plaza de Numancia, el trazado contaba con un ancho de vía de 800 milímetros. En agosto de ese año se extendió el segundo itinerario hasta la fábrica de cervezas y Cuatro Caminos.

En el año 1887 se amplía el proyecto inicial con el fin de prolongarlo hasta el pueblo de Peñacastillo con motor de sangre. La nueva sección entre Cuatro Caminos y Peñacastillo entró en servicio en octubre de 1888. En diciembre de 1888, el Tranvía Urbano de Santander obtuvo autorización para explotar la sección comprendida entre Cuatro Caminos y Peñacastillo con tracción de vapor. Las nuevas locomotoras a vapor iniciaron el servicio el 25 de mayo de 1890.



Ilustración 57. Máquina de vapor del urbano a Peñacastillo, por la calle San Fernando (hacia 1896-1901) [35]

En 1889, la longitud total explotada por el tranvía de Colomer alcanza los 4200 metros, casi los mismos que el tranvía de la Costa o de Gandarillas.

Este año coincide con la sustitución de caballerías por máquinas de vapor, que hasta entonces sólo se usaban en el tramo que discurría a partir de la calle del Correo hacia la calle San Fernando por la peligrosidad que parecía representar el uso de máquinas de vapor en la parte más densa de la trama urbana. En los desplazamientos dentro del núcleo urbano seguían utilizándose las mulas.

En el año 1894 se presenta el proyecto de la cuarta línea de tranvía, el Tranvía de Miranda, movido por caballerías por el ingeniero Rafael Martín. En la elaboración del mismo, tuvieron un peso decisivo los propietarios de terrenos del barrio de Miranda y del paseo de la Concepción, donde se estaban construyendo nuevas casas señoriales y de recreo. Dichos propietarios abrieron una suscripción de acciones para la construcción de la línea de tranvía. La apertura a la circulación se produjo en marzo de 1897, contando con 14 mulas y 6 carruajes de los cuales 3 eran cerrados para los meses de invierno y otros 3 con jardineras para el periodo estival.



Ilustración 58. Tranvía de Miranda por la calle del Martillo (1908-1913) [35]

El itinerario salía de la calle del Martillo para enlazar con la calle Santa Lucía y entrar en el paseo de la Concepción en dirección a Miranda, donde se encontraban las cocheras. El recorrido total era de 1900 metros con un ancho de vía de 750 milímetros.

A finales del siglo XIX había en Santander cuatro compañías de tranvías urbanos diferentes operando en la ciudad, todas creadas por capitales e iniciativas locales. Gandarillas, Colomer, Pombo y Miranda.



Ilustración 59. Tranvía de Miranda por el paseo de la Concepción [35]



Como consecuencia de la crisis económica existente en España y tras la guerra de Cuba, se produjo una caída de ingresos en los tranvías de Santander. En 1898 se aprueba por la Dirección General de Obras Públicas y el Ministerio de Fomento la transferencia de la concesión del tranvía urbano de Santander a Peñacastillo a favor de la empresa belga “Sociedad Anónima de Tranvías de Santander y del Sardinero” representada por Juan Knaegeten. Pusieron a Leonardo Gutiérrez Colomer, hijo del primer concesionario de la línea, como director de la explotación de la línea. El servicio disponía de dos locomotoras a vapor, 25 mulas y 26 coches.

La empresa La Santanderina, de Gandarillas, también transfiere a la belga el tranvía a vapor de la costa, entonces contaba con cuatro locomotoras de vapor y 22 coches.

La empresa belga para rentabilizar el servicio reduce algunos tramos descuida la conservación de la infraestructura y mantenimiento del material móvil. Se hace eco en la prensa de ello por las quejas de usuarios.

En 1902 las dos líneas adquiridas por la empresa belga son vendidas. La línea Santander – Peñacastillo a la empresa metalúrgica Nueva Montaña, sociedad anónima del hierro y del acero de Santander; la línea de la costa a la nueva Sociedad El Sardinero, compuesta por la familia Pombo haciéndose así dueños de las dos líneas de tranvía que hacían el trayecto al enclave balneario, la del túnel y la de la costa.

La Sociedad El Sardinero pensó en ese momento en emprender algunas mejoras técnicas como homogeneizar el ancho de las dos vías, que hasta entonces eran de 1,03 y 1,34 metros, con previsión de dejarlas a 1,03 metros de ancho para poder conectar ambos trazados creando una línea circular. También se amplió la frecuencia horaria del tranvía a vapor del túnel, circulando cada diez minutos y ampliando horario nocturno los días que hubiera celebraciones.

En el año 1906 la sociedad anónima Nueva Montaña, propietaria del antiguo tranvía urbano de Santander, obtiene el permiso oficial para la electrificación de la línea y su prolongación hasta el pueblo de El Astillero. Tras los trabajos de acondicionamiento y colocación del tendido, el tranvía eléctrico que hacía trayecto desde Puertochico a Peñacastillo se inauguró el 16 de agosto de 1908. Al año siguiente se inauguró otra línea hacia El Astillero con un recorrido de 11.975 metros y de ancho métrico que discurría por Molnedo, Alfonso XIII, Castilla, carretera de la ermita de Peñacastillo a Santander, carretera de Burgos, Peñacastillo, carretera de Muriedas a Bilbao hasta llegar a la iglesia del Astillero.

En el año 1911 se aprueba la reforma de electrificación y ampliación del tranvía de Miranda y la Alcaldía de Santander publica el pliego de condiciones para la subasta y concesión. De este modo, si el trayecto inicial iba de la calle del Martillo al Alto de Miranda, el nuevo trazado se prolonga con cuatro ramificaciones. La primera permitiría continuar desde el Alto de Miranda por el paseo de la Magdalena o Pérez Galdós, plaza de Augusto González Linares frente a la Primera playa del Sardinero, avenida de la Unión y plaza de las Brisas hasta la Segunda Playa del Sardinero. La siguiente extensión saldría de la plaza de las Brisas por la avenida de Los Castros, alameda de Cacho y camino del Sardinero para volver al Alto de Miranda. La tercera prolongación partiría de la calle del Martillo hacia el paseo de Pereda, pasando por la avenida Alfonso XIII y Calderón de la Barca hasta la plaza de las Navas de Tolosa terminando en la estación del ferrocarril del Norte. Para terminar, la cuarta extensión discurriría por el casco antiguo desde la plaza del Río de la Pila por las calles del Arrabal y Arcillero hasta llegar a la plaza Vieja. Se inauguró el 26 de junio de 1912.



Ilustración 60. Tranvía eléctrico en la plaza de la Constitución, 1912 [35]

En el verano de 1911 una nueva compañía de capital belga y representada por el empresario Gaston de Otlet, propone la adquisición de las dos líneas de tranvías eléctricos de la ciudad, las de la sociedad Nueva Montaña (urbano a Peñacastillo y tranvía del Astillero) y la del tranvía de Miranda, cuya prolongación al Sardinero y al centro de la población se acababa de subastar. Entonces se constituye la sociedad anónima Red Santanderina de Tranvías que asume la transferencia de las concesiones. Por su parte, la compañía del Tranvía de Miranda se siguió manteniendo como empresa independiente, llevando una explotación mancomunada con la Red Santanderina de Tranvías.

En esta nueva sociedad también entra a formar parte de la Sociedad El Sardinero con la intención de transformar en eléctrico el antiguo tranvía de Gandarillas con la ampliación del capital. En 1912 ya circulaba el tranvía eléctrico por la costa.



Ilustración 61. Tranvía de la Costa por el barrio de Molnedo en 1914 [37]

La electrificación de la línea de la costa hizo que el antiguo tranvía de Pombo, administrado también por la empresa El Sardinero, acabe quedando en desuso debido a las escasas dimensiones del túnel que atravesaba que no permitieron utilizar en este caso la tracción eléctrica. En 1917 el Ministerio de Fomento anunció el fin del tranvía y túnel de Tetuán.

En 1920 la Red Santanderina de Tranvías, a pesar de su exclusividad del transporte urbano venía atravesando dificultades económicas, se declara en suspensión de pagos. Según el Anuario de ferrocarriles españoles de 1921, la citada compañía había transportado 2.279.409 viajeros en 1918, que descendieron a 1.940.980 al año siguiente. A su vez, y según la misma fuente, la empresa del Tranvía de Miranda había pasado de los 2.056.051 viajeros en 1919 a 1.672.538 en 1920. Esta última empresa compensó los gastos con un incremento en el precio de billetes.

Entre 1921 y 1922, debido a la escasa rentabilidad empresarial, la Red Santanderina de Tranvías, cuyo capital se encontraba en manos del grupo belga Tramwas et Electricité y que también controlaba los tranvías de Bilbao, es adquirida por la compañía del Tranvía de Miranda. De este modo, se consigue reunir en una sola empresa la explotación de todas las líneas de tranvía existentes en la ciudad, lo que por entonces sumaba una trama de más 35 kilómetros de vías.



Ilustración 62. Tranvía por el paseo de Pereda [32]

Al año siguiente se plantea la prolongación del ramal de la Segunda playa del Sardinero hasta el faro de Cabo Mayor para poder llevar el medio colectivo hasta el Hipódromo de Bella Vista.

A mediados de esta década de 1920, desaparecida la competencia entre empresas tranviarias al concentrarse todos los servicios en una única sociedad anónima, surge una nueva rivalidad: la ejercida por algunas camionetas automóviles que empiezan a trasladar viajeros desde la ciudad al Sardinero, sobre todo durante los meses de verano. A pesar de todo, dicha empresa siguió prestando sus servicios hasta comienzos de los años cincuenta. En estos años desaparecen concluyentemente los tranvías de la ciudad, sustituidos por trolebuses que contaban con la ventaja de no necesitar vías para hacer su recorrido.

En 1951, siendo alcalde Manuel González Mesones, se crea la Empresa Municipal de Transportes Urbanos (EMTU).



Ilustración 63. Trolebús de Santander [32]

Al año siguiente se autoriza la transformación de la concesión del tranvía del Sardinero en trolebús.



Ilustración 64. Trolebús Pegaso en el Sardinero [32]

En 1952 la Compañía del Tranvía de Miranda transfirió la línea del tranvía al Astillero al empresario Manuel Muñoz Diego que entonces era propietario de varias concesiones de transporte de viajeros en carretera y en 1953 el gobierno autorizó la transformación del tranvía de Astillero en trolebús.



Ilustración 65. Trolebús a Astillero [32]

El 15 de noviembre de 1953 finaliza su recorrido el último tranvía de Miranda, desapareciendo este medio de transporte de las calles de Santander.



Ilustración 66. Reproducción de coche tranvía jardinera [38]

5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Santander se encuentra localizada en la zona central de la franja costera de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Esta, a su vez, se encuentra en la zona septentrional de la Península Ibérica.

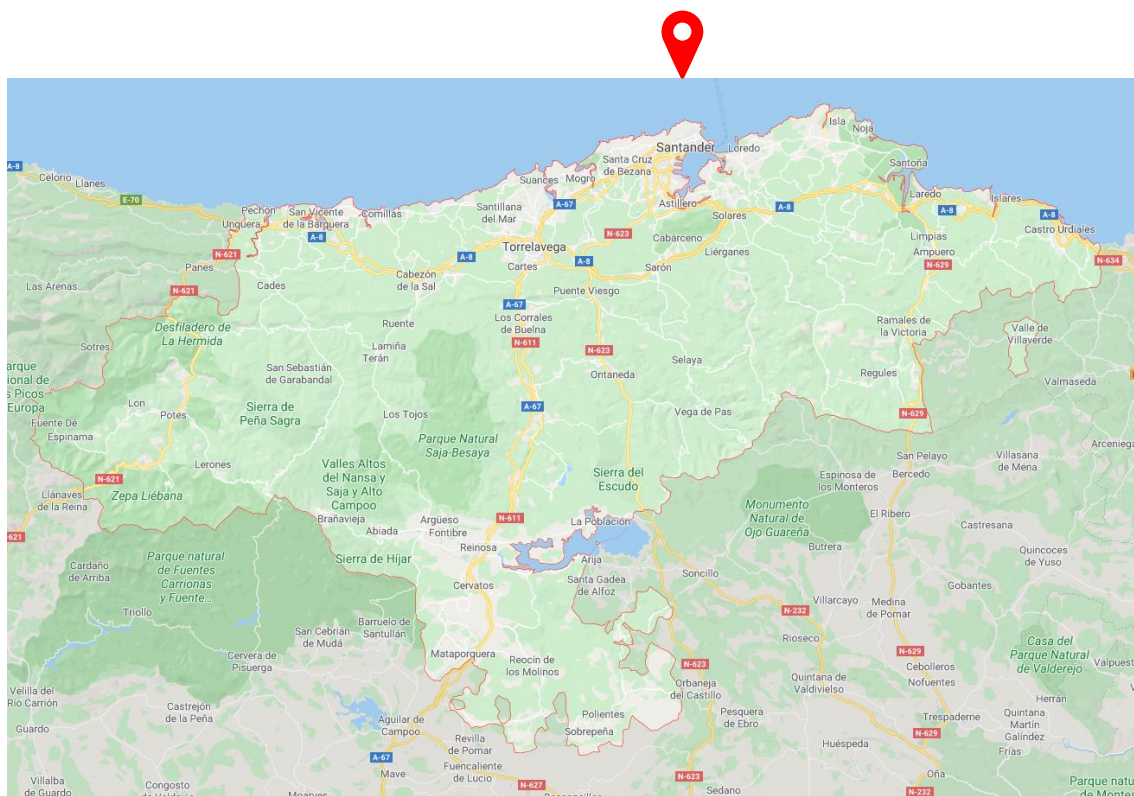


Ilustración 67. Ubicación de Santander en el mapa de Cantabria [39]

El término municipal tiene una extensión aproximada de 36 km² por lo que su término municipal es relativamente pequeño ya que sólo representa un 1% de la superficie total de la comunidad autónoma. El modo de asentamiento que presenta la ciudad difiere del modelo diseminado a base de pequeños núcleos y barrios patente en la zona oriental de la provincia. Esta diferencia se debe al proceso de industrialización y al turismo que ha experimentado gran parte de la franja litoral.

Santander representa la principal ciudad de la provincia con una población de 173.721 habitantes según el registro obtenido en 2019 por el Ayuntamiento de Santander.

La estructura económica de Santander se ha visto condicionada por su posición geográfica ya que al tratarse de una ciudad asentada en el borde una bahía ha impulsado durante siglos un crecimiento urbano estrechamente ligado a las actividades portuarias. A rasgos generales, la importancia que tiene la ciudad de Santander viene determinada por el peso demográfico, cultural y económico que esta posee en el contexto regional.

Además, con el gran carácter turístico que tiene la ciudad, se incrementa considerablemente el tráfico privado en épocas estivales.

En la actualidad los sistemas de transporte público en Santander son taxi y autobús.

El servicio de taxis urbanos cuenta con una flota de 200 vehículos y las paradas fijas se muestran en la siguiente imagen [40].

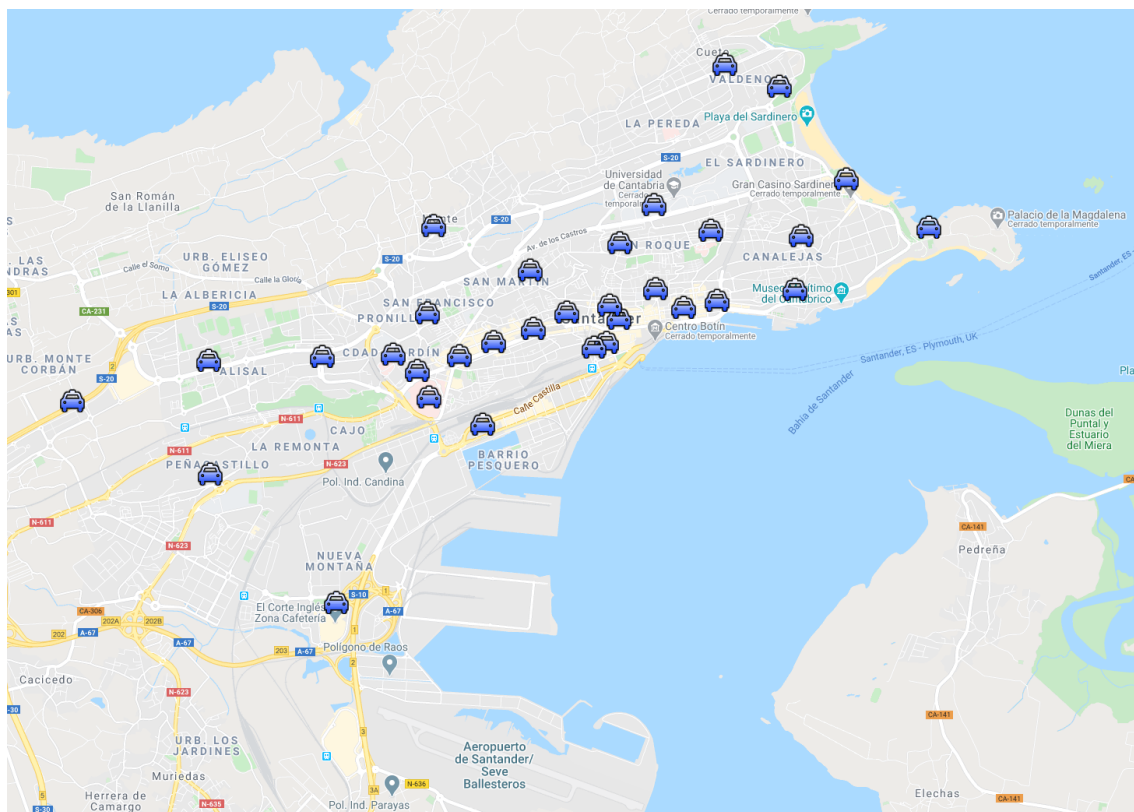


Ilustración 69. Ubicación de paradas de taxi en Santander [40]

Desde mediados del año 2019 también se puede utilizar el servicio de VTC a través de Cabify.

El medio de transporte por excelencia en la ciudad es el autobús, concretamente el servicio de Transporte Urbano de Santander (TUS), llamado hasta 2006 Servicio Municipal de Transportes Urbanos (SMTU) y hasta 1961 Empresa Municipal de Transportes Urbanos (EMTU), del cual se ha comentado su nacimiento en el apartado 4 sobre historia del tranvía en Santander.

Actualmente existen 27 líneas de autobús urbano y 3 líneas nocturnas.



Ilustración 70. Red de líneas [36]

En particular, se analizarán las líneas 12, 19 y 23 ya que comparten parte del trazado con alguna de las alternativas propuestas en este Trabajo Fin de Grado.

La línea 12 hace un recorrido muy extenso en comparación con las otras dos. Ésta comienza el trayecto en Carrefour de Peñacastillo, atravesando Nueva Montaña; además hace más recorrido dentro de la ciudad ya que entra a ella a través de la Marga, subiendo hasta Cuatro Caminos y bajando por San Fernando, pasando por Jesús de Monasterio, Ayuntamiento, Catedral, hasta llegar a Puertochico donde se incorpora a la calle Casimiro Sainz para recorrer parte de Canalejas y Pérez Galdós. Al llegar al número 79 de Reina

Victoria cambia su sentido para volver por el Paseo de Pereda, hasta llegar de nuevo a Cuatro Caminos. Baja hasta Candina y se incorpora a la Avenida de Parayas, donde comparte trayecto y paradas con la línea nº23.



Ilustración 71. Relación de paradas de la línea nº12 del TUS [36]

Tanto la línea número 19 como la 23 tienen origen de recorrido en la Plaza de las Estaciones, en particular desde el andén exterior de la Estación de Autobuses, y lo inician a través de la Calle Castilla haciendo parada en los números 27, 51, 71 y 64 de esa calle.

LÍNEA 19

TUS

ESTACIONES - RICARDO LÓPEZ ARANDA

ESTACIÓN DE AUTOBUSES	
CALLE CASTILLA, 27	MARQUÉS DE LA HERMIDA, 1
CALLE CASTILLA, 51	MARQUÉS DE LA HERMIDA, 15
CALLE CASTILLA, 71	MARQUÉS DE LA HERMIDA, 36
CALLE CASTILLA, 64	LA LONJA
AVENIDA PARAYAS	FRANCISCO TOMÁS Y VALIENTE, 11
FRANCISCO TOMÁS Y VALIENTE, 7	FRANCISCO TOMÁS Y VALIENTE, 23
BARTOLOMÉ DARNIS	SANTIAGO EL MAYOR
COLEGIO NUEVA MONTAÑA	EUSEBIO SANTAMARÍA, 1
SANTIAGO EL MAYOR, 10	GERTRUDIS GÓMEZ DE AVELLANEDA
EUSEBIO SANTAMARÍA, 2	CENTRO DE SALUD NUEVA MONTAÑA
EUSEBIO SANTAMARÍA	HERMANOS CALDERÓN
CARMEN BRAVO VILLASANTE	SAN MARTÍN DEL PINO, 13
CARMEN BRAVO VILLASANTE, 1	NUEVO PARQUE
SAN MARTÍN DEL PINO, 24	FRANCISCO RIVAS MORENO
SAN MARTÍN DEL PINO, 23	CARREFOUR PEÑACASTILLO
INSTITUTOS	PRIMERO DE MAYO, 9
CARREFOUR PEÑACASTILLO	
PRIMERO DE MAYO, 34	
MANUEL POMBO ANGULO, 10	
RICARDO LÓPEZ ARANDA, 22	

Ilustración 72. Relación de paradas de la línea nº19 del TUS [36]

En el tramo de la Avenida de Parayas, la línea nº19 hace parada una única vez, sin embargo, las líneas nº12 y nº23 hace 4 paradas en los números 14, 28, 32 y al final de esta, a la altura del hotel.

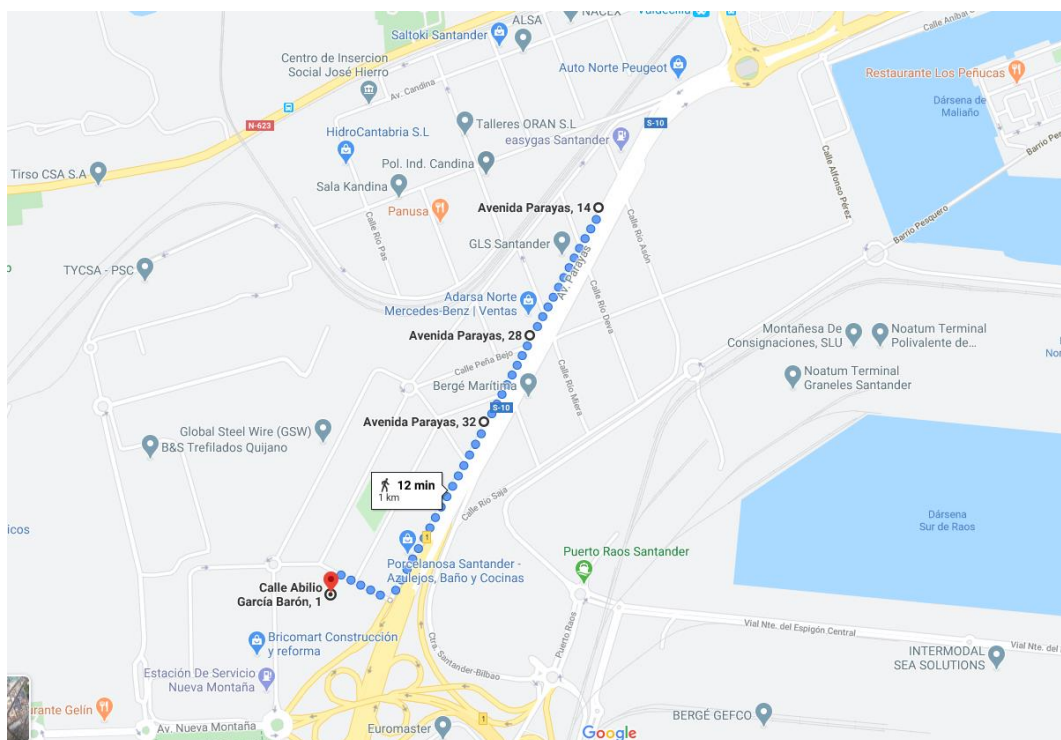


Ilustración 73. Distancia a pie entre paradas en la Avda. Parayas [39]

Entre la primera parada, Avenida Parayas 14 y la última de esta calle con Abilio García Barón, tan solo hay 12 minutos de recorrido a pie. Esto será de ayuda a la hora de situar paradas de las alternativas de trazado de tranvía que pasen por esta calle.

LÍNEA 23

ESTACIONES - CAMARREAL - PEÑACASTILLO - PCTCAN-2



Ilustración 74. Relación de paradas de la línea nº23 del TUS [36]

Todas estas líneas anteriormente mencionadas conectan el centro de la ciudad de Santander con el entorno comercial de Nueva Montaña, haciendo parada en Francisco Tomás y Valiente, próximo a El Corte Inglés.

A pesar de que el servicio de autobús está bastante integrado entre los ciudadanos y que se persigue la sostenibilidad de su flota, por ejemplo, en el año 2019 se incorporaron seis vehículos híbridos; la movilidad sostenible sigue siendo una asignatura pendiente para la ciudad de Santander según la plataforma Santander City Brain Eco, es por esto por lo que se sigue trabajando en ello.



Ilustración 75. Logo de Santander City Brain eco [41]

Santander City Brain Eco es una propuesta de comunidad impulsada por el Ayuntamiento de Santander y Banco Santander que persigue convertir a Santander en un referente internacional en sostenibilidad.

Una de las propuestas es la relacionada con compartir trayectos en vehículo privado que persigue una movilidad sostenible fomentando un uso más racional del coche. Dentro de la plataforma [42] los interesados en este servicio pueden ofrecerlo y solicitarlo sin intermediarios.

En España el transporte es el sector que más peso tiene en lo que a emisiones de CO₂ a la atmósfera se refiere, ya que en 2018 supuso un 25% del total. Aunque la mayoría de las emisiones GEI (Gases de Efecto Invernadero) se atribuyen al tráfico por carretera, cabe destacar que un tercio se concentra en aglomeraciones urbanas, según datos del Ministerio para la Transición Ecológica.

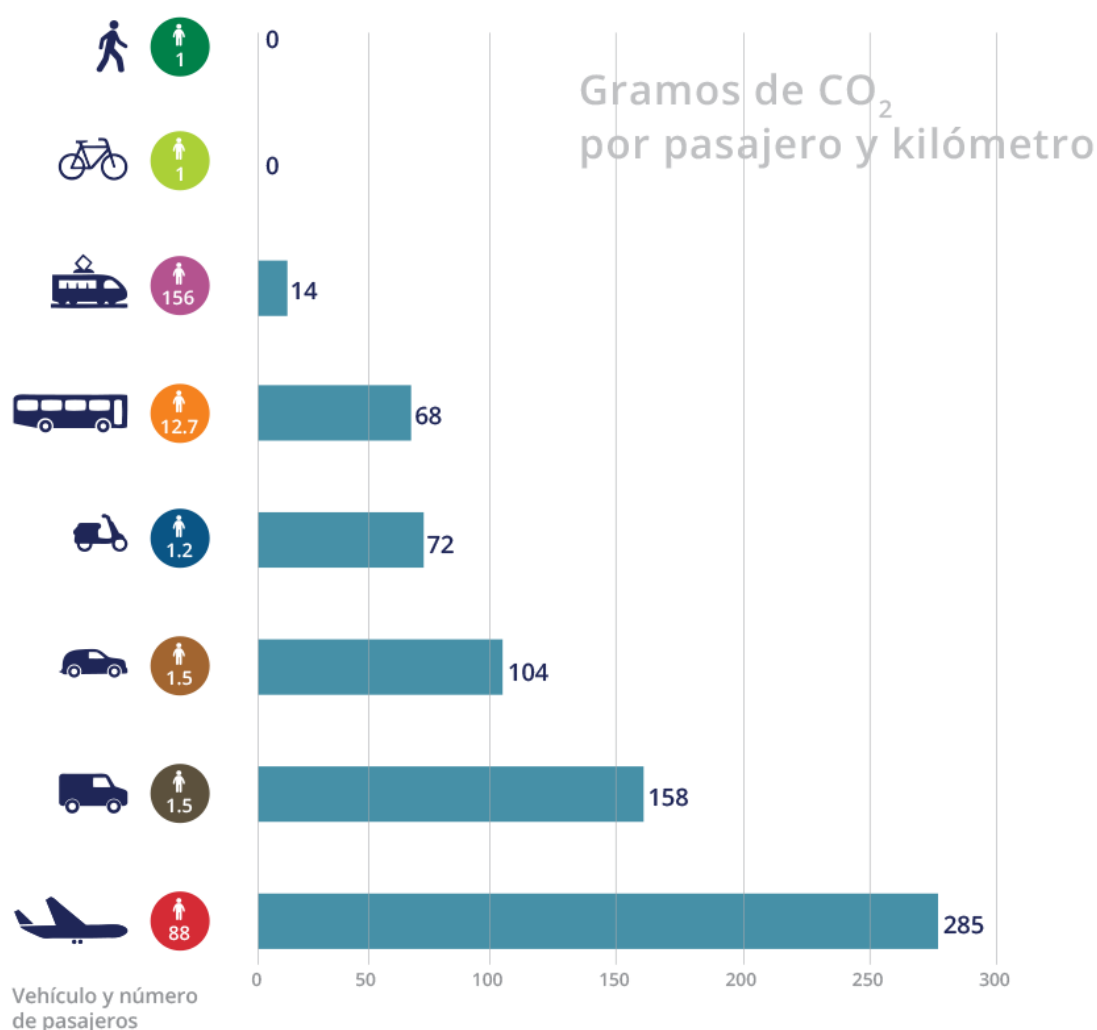


Ilustración 76. Emisiones de dióxido de carbono procedentes del transporte de pasajeros [43]

Es cierto que Santander en los últimos años ha potenciado mucho la utilización del servicio de autobús municipal y de alquiler de bicicletas o incluso el coche compartido, pero como se puede ver en el gráfico anterior, la alternativa del tranvía es mucho más sostenible en cuanto a emisiones generadas.

5.2. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO. PGOU DE SANTANDER

Durante la elaboración de este proyecto se ha recabado información urbanística del término municipal de Santander con el fin de tener presente las actuaciones actuales, así como futuros desarrollos a la hora de establecer tanto el trazado como la ubicación de las paradas. En particular, se ha consultado el Plan General de Ordenación Urbana [1].

El Ayuntamiento de Santander lleva trabajando en la movilidad sostenible de la ciudad desde el año 2007 con la puesta en marcha del primer itinerario mecánico (en la actualidad hay 15 con más de ocho millones de usuarios al año), la peatonalización o semipeatonalización de las calles, carriles bici, ampliación de las aceras, las zonas a 30 km/h, mayor número de lugares estanciales, etc. Muchas de las propuestas que se recogen dentro del Plan de Movilidad Sostenible pasaron posteriormente al Plan General de Ordenación Urbana ya que están intrínsecamente unidos.

En 2011 el Gobierno de Cantabria pidió que el PGOU incluya el plano de la red de metro ligero con todos sus itinerarios en estudio, ya que se considera una actuación urbanística relevante dentro del propio Plan.

5.3. PREVISIONES FUTURAS

Las previsiones futuras que se plantean para la ciudad de Santander son múltiples y variadas, en particular, para el tema que se está abordando, las más significativas sería, el soterramiento de las vías de tren en las estaciones, la construcción de un aparcamiento disuasorio en La Marga y, por supuesto, la propuesta de metro ligero. Todas estas actuaciones vienen recogidas en el Plan de Movilidad Sostenible propuesto por el Ayuntamiento de Santander [2] y tienen como meta común fomentar el transporte sostenible a pie, en bici o en transporte urbano para conseguir disfrutar de una ciudad limpia, verde y libre de humos.

Uno de los principales proyectos previstos lo constituye la reordenación de los espacios ferroviarios en el acceso a la ciudad de Santander. Usando ADIF y ADIF-RAM como punto de partida de la propuesta, se pretende unificar y cubrir las vías de ambos ferrocarriles hasta La Remonta, dando libertad de uso de esta forma a más de 442.000 metros cuadrados.

Todo este espacio se aprovecharía de diversas formas, en primer lugar, se crearía un nuevo vial para el tráfico rodado para descongestionar las calles de Castilla – Hermida.

El área restante se aprovecharía para instalaciones deportivas (fútbol, tenis, pádel y futbito), aparcamientos, comercios, edificios hoteleros y viviendas. Rodeado de espacios de ocio verdes y un carril bici siguiendo la línea de los objetivos de desarrollo sostenible que persigue Santander.

Como consecuencia, también se construirían nuevas edificaciones para el centro de salud, el centro sociocultural, cuartel de policía e instituto que se encuentran en ese margen de la calle Castilla.



Ilustración 77. Propuesta de reordenación del espacio ferroviario en Santander [44]

La oportunidad que brinda este proyecto es única, implica la consecución de un modelo de transporte eficaz y coordinado que permita establecer medidas de desplazamiento altamente eficaces para su uso por el ciudadano tanto de Santander como de los municipios limítrofes. Así, cobra especial importancia la localización de un espacio único en la nueva Plaza de las estaciones conectando las de ADIF y ADIF-RAM con la de autobuses a través de un túnel y donde también se encuentran tres de los ejes que conforman la nueva red de metro ligero propuesta en el Plan de Movilidad Sostenible [2]. De esta forma el servicio de transporte terrestre de Santander estaría unificado en un mismo punto.



Ilustración 78. Representación de la reordenación del espacio ferroviario [44]

Se encuentra en detalle la reordenación ferroviaria dentro del Anexo II.

El equipo redactor del Plan de Movilidad Sostenible para Santander, la consultora Apia XXI, recomienda la ejecución de una red de metro ligero de 19 km repartidos en cuatro líneas que unirían, longitudinalmente, la playa de Los Peligros con Nueva Montaña y el Sardinero con el Parque Científico Tecnológico, y transversalmente, la plaza de las Estaciones con la Avenida de los Castros, a través de un túnel, y el Parque Científico Tecnológico con Nueva Montaña. Se contempla esta medida en el apartado 5.1. Plan de Fomento del Transporte Colectivo dentro del Plan de Movilidad Sostenible [2].

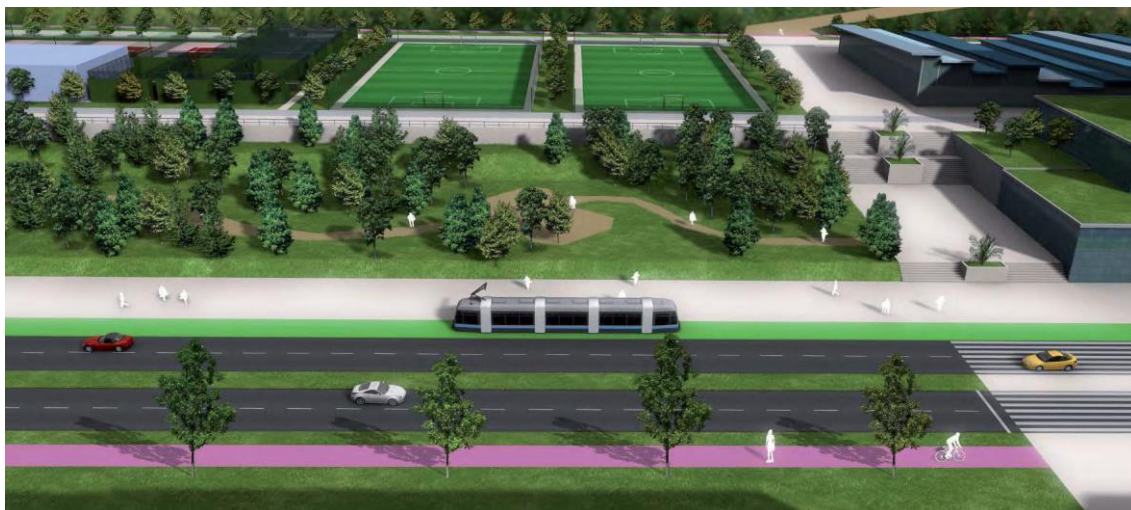


Ilustración 79. Propuesta de línea de metro ligero para Santander [2]



Ilustración 80. Integración en el entorno de Castelar del propuesto metro ligero de Santander [45]

Dentro del Plan Estratégico Santander 2020 se incluye la propuesta de proyecto de un aparcamiento disuasorio situado en la entrada a la ciudad desde la S-10, a la altura de La Marga en uno de los terrenos del Puerto de Santander. Este aparcamiento constaría de tres plantas con un total de 1220 plazas, abierto 24 horas con un coste de “entre dos y tres euros al día” con viaje incluido en el servicio de autobús lanzadera que conectaría con el centro de la ciudad. Este es un precio muy competitivo con el que ofrece el aparcamiento de Aena en el aeropuerto Santander - Seve Ballesteros de unos 10 o 13€/día. Sería un buen motivo de uso de este aparcamiento y del tranvía que se estudia en el presente proyecto para todos aquellos viajeros que lleguen a Santander en coche y vuelen desde Seve Ballesteros.



Ilustración 81. Logo del Plan Estratégico Santander 2010 - 2020 [46]

También se plantea instalar un área para el aparcamiento de bicicletas, cerrado y videovigilado, así como la ampliación del carril bici hasta esta zona. Esto también es un incentivo de uso del tranvía en todo aquel que desee practicar deporte por la zona de Raos-Parayas sin tener que desplazar la bicicleta hasta allí. En los coches tranvía habrá espacio para viajar con ellas cómodamente para satisfacer la propuesta del Gobierno de España [5] de integrar la bicicleta con el transporte público y añadir ésta en los pliegos de condiciones de las concesiones del transporte colectivo.

La imposición de este aparcamiento también estaba contemplada en el Plan de Movilidad Sostenible dentro del apartado 5.3. dedicado al Plan de Regulación del Sistema de Aparcamiento [2].



Ilustración 82. Representación del futuro aparcamiento [47]

En relación con el uso de bicicletas, la adecuación de carriles bici se ha visto incrementada rápida y forzosamente a raíz de la crisis sanitaria provocada por la COVID-19. En unas semanas en las que prácticamente no había circulación de vehículos privados y se permitió el paseo y el movimiento en bicicleta se incrementó de manera muy relevante su uso al sentir la seguridad en la circulación por la ausencia del tráfico, pero se percibió una incomodidad en determinados tramos en los que compartían espacio peatones y ciclistas. Para ello, el Ayuntamiento tomó medidas y habilitó itinerarios ciclistas temporales para conectar distintos barrios con el centro de la ciudad y las playas de El Sardinero. En el artículo de la revista [48] se habla sobre la posibilidad de que el trayecto habilitados para bicicletas que transcurre por la línea de aparcamientos de Reina Victoria se convierta en permanente.

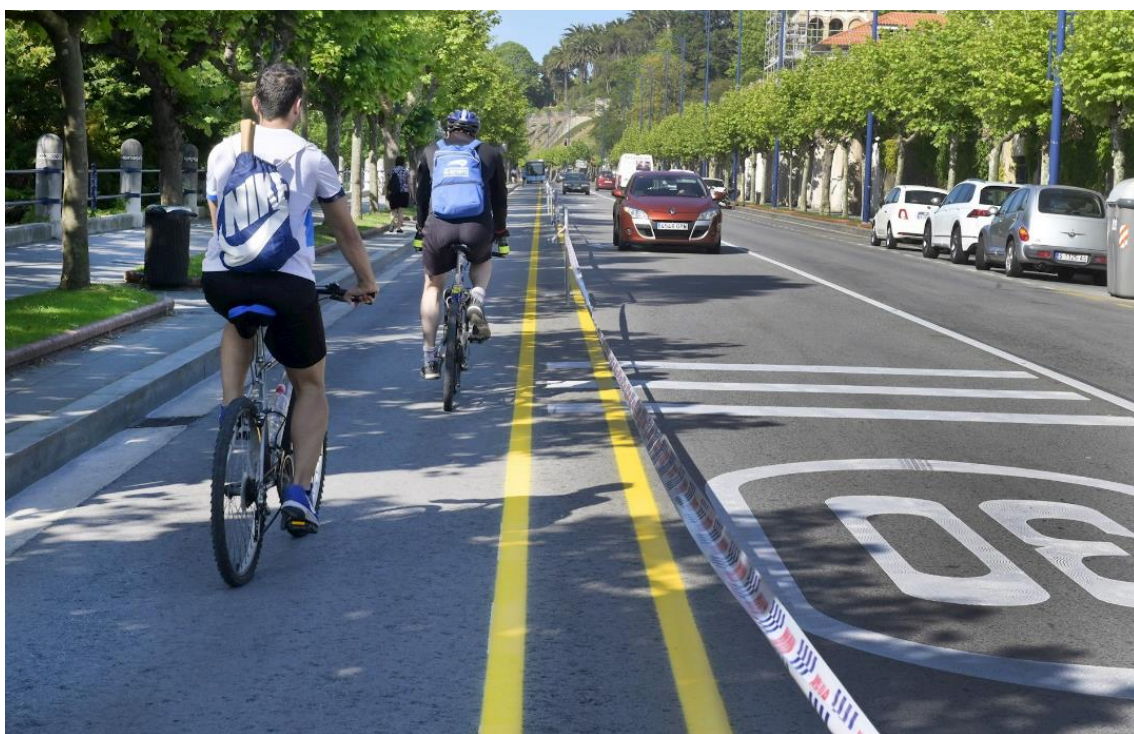


Ilustración 83. Carril Bici provisional en la calle Reina Victoria [49]

Para amortiguar ese cordón de aparcamientos se insiste en las propuestas de construcción de parkings disuasorios como el que se ha mencionado anteriormente de la marga.

En junio de 2020 se presenta una nueva propuesta de movilidad sostenible, llamada Metropie, por la Concejalía de Movilidad Sostenible del Ayuntamiento de Santander. Esta propuesta pretende fomentar los desplazamientos a pie por el municipio y se ha elaborado un mapa con los tiempos estimados para los distintos trayectos haciendo hincapié en las facilidades implementadas como rampas o escaleras mecánicas, dando una percepción de que la ciudad es fácilmente transitable de este modo además de contribuir a mejorar el entorno, la economía y la salud de los ciudadanos. De esta forma también se avanza en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 3, 11 y 13 (salud y bienestar, ciudades y comunidades sostenibles y acción por el clima respectivamente)

Santander se mueve, a pie.

Calcula el tiempo aproximado de los desplazamientos a pie entre los diferentes puntos de la ciudad.

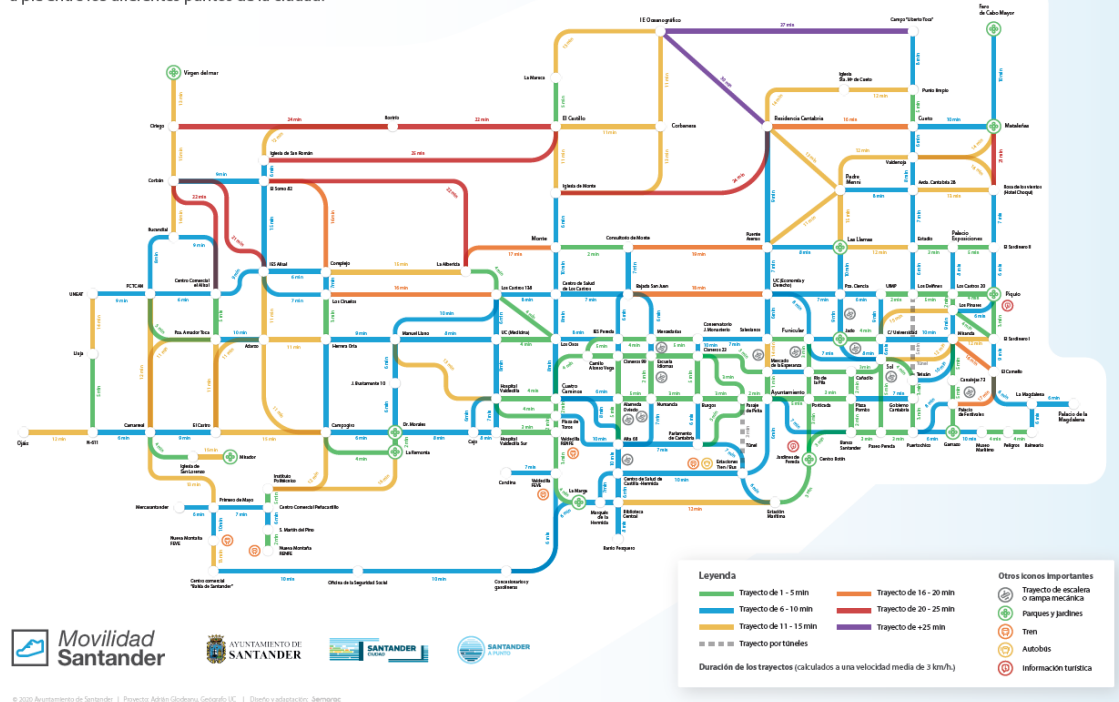


Ilustración 84. Metropie de Santander [50]

En este mapa de rutas se han utilizado diferentes colores en función del tiempo estimado que se tarda en realizarlas: verde de uno a cinco minutos, azul de cinco a diez minutos amarillo de once a quince minutos, naranja de dieciséis a veinte minutos, rojo de veinte a veinticinco minutos y morado de más de veinticinco minutos.

También se colocarán 105 imágenes del plano en los MUPIS que hay en las marquesinas del TUS, en los que mediante un código QR se podrá descargar un mapa con itinerarios peatonales y sus tiempos. Este proyecto escalable puede abarcar también, según ha propuesto la alcaldesa, rutas gastronómicas y culturales con carácter turístico.

Esta propuesta, junto con el uso del transporte público con carácter turístico ya están recogidas por la Concejalía de Turismo. A continuación, se encuentra el plano elaborado para este fin con el uso del Transporte Urbano de Santander.

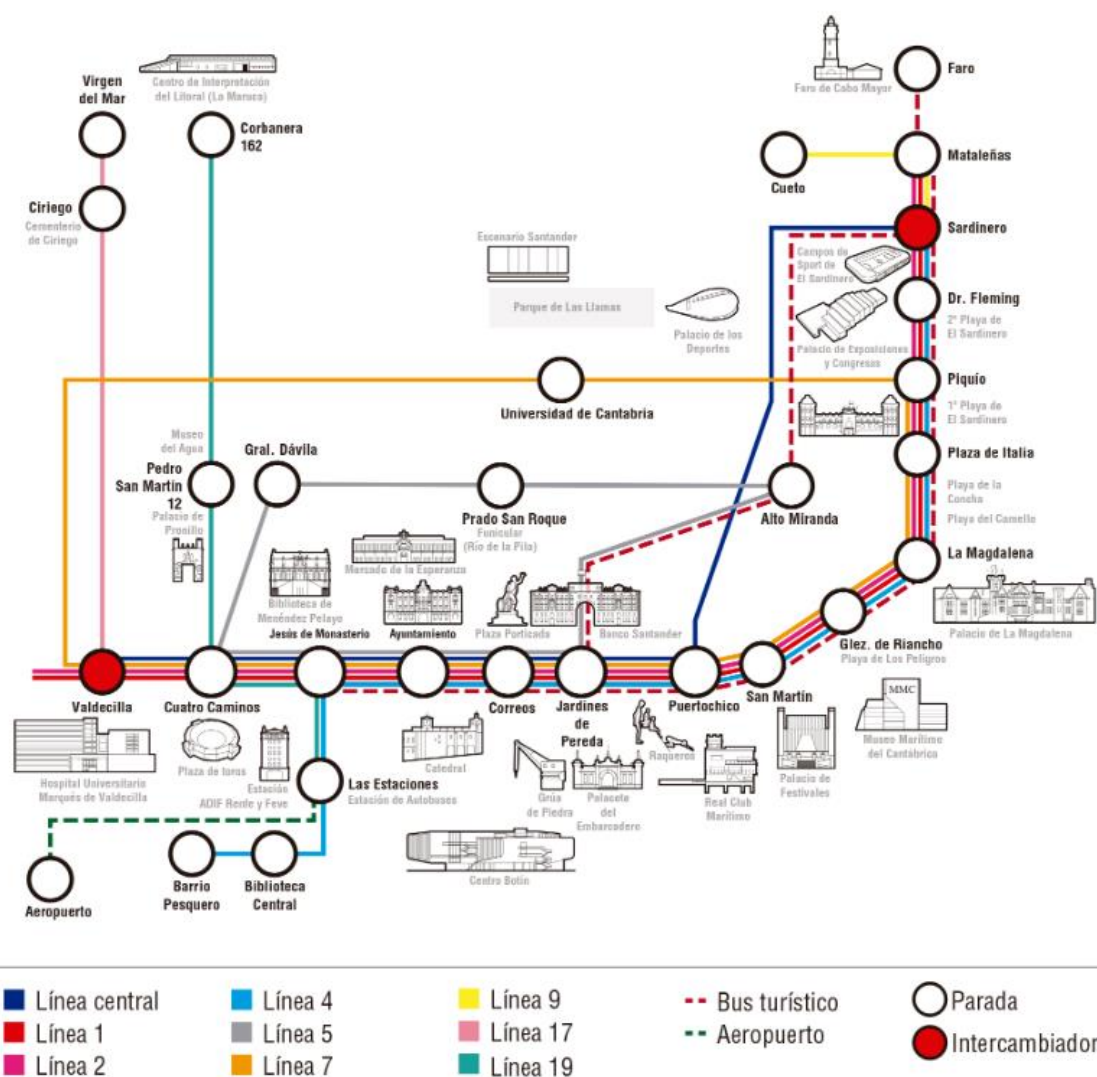


Ilustración 85. Plano turístico de autobuses de Santander [51]

El incentivo de la movilidad a pie y en transporte público beneficiaría en buena parte el uso del tranvía propuesto con salida en la Plaza de las Estaciones. Tanto para turistas como ciudadanos que quieran disfrutar de la ciudad a pie o en autobús podrán enlazar en ese punto o muy próximo con prácticamente la mayoría de las líneas de autobús abarcando así más área de disfrute como son Raos y Nueva Montaña. También favorecería el tránsito de turistas provenientes del Aeropuerto Seve Ballesteros con los sitios más emblemáticos de la ciudad usando como nexo el tranvía.

5.4. AEROPUERTO DE SANTANDER - SEVE BALLESTEROS

El aeropuerto Santander – Seve Ballesteros es un aeropuerto internacional español propiedad de Aena situado a 5 kilómetros de Santander. Es el único aeropuerto de Cantabria. Fue inaugurado en 1953 y contó con importantes reformas en 1977 y 2010.



En la actualidad, [52] operan en el aeropuerto Iberia, Ryanair, Vueling Airlines, Wizz Air, Binter Canarias y Volotea. Se ofrecen 21 destinos diferentes, prácticamente todos europeos y uno en el continente africano, Marrakech (Marruecos). De los otros 20 destinos europeos con los que enlaza la ciudad de Santander, 10 son con ciudades españolas:

- Barcelona
- Madrid
- Valencia
- Sevilla
- Málaga
- Palma de Mallorca
- Menorca
- Ibiza
- Gran Canaria
- Tenerife

Y en Europa:

- Londres y Edimburgo (Reino Unido)
- Dublín (Irlanda)
- Bérgamo, Bolonia, Roma y Venecia (Italia)
- Katowice (Polonia)
- Berlín (Alemania)
- Viena (Austria)
- Bruselas (Bélgica)
- Budapest (Hungría)
- Bucarest (Rumanía)

Cabe mencionar la importancia que supone un aeropuerto como éste para la capital cántabra. La proximidad del aeropuerto a la ciudad, algo bastante inusual en otras capitales, la hace aún más accesible y de un gran carácter turístico, comercial y gastronómico. Bien para estancias que se realicen en Santander o en cualquier otro lugar de la región, la propuesta conjunto de tranvía y aparcamiento disuasorio aporta muchas facilidades para usuarios e incluso trabajadores del aeropuerto Santander – Seve Ballesteros.

6. ALTERNATIVAS DE TRAZADO

En este apartado se van a proponer una serie de alternativas de trazado para la zona de Santander, Nueva Montaña, Raos, Parayas.

- A1: Estaciones – Nueva Montaña
- A2: Estaciones – Aeropuerto
- A3: Estaciones – Nueva Montaña – Raos- Aeropuerto
- A4: Estaciones – Puerto – Raos – Aeropuerto
- A5: Estaciones – Castilla – Nueva Montaña – Raos – Aeropuerto
- A6: Estaciones – Hermida – Nueva Montaña – Raos – Aeropuerto

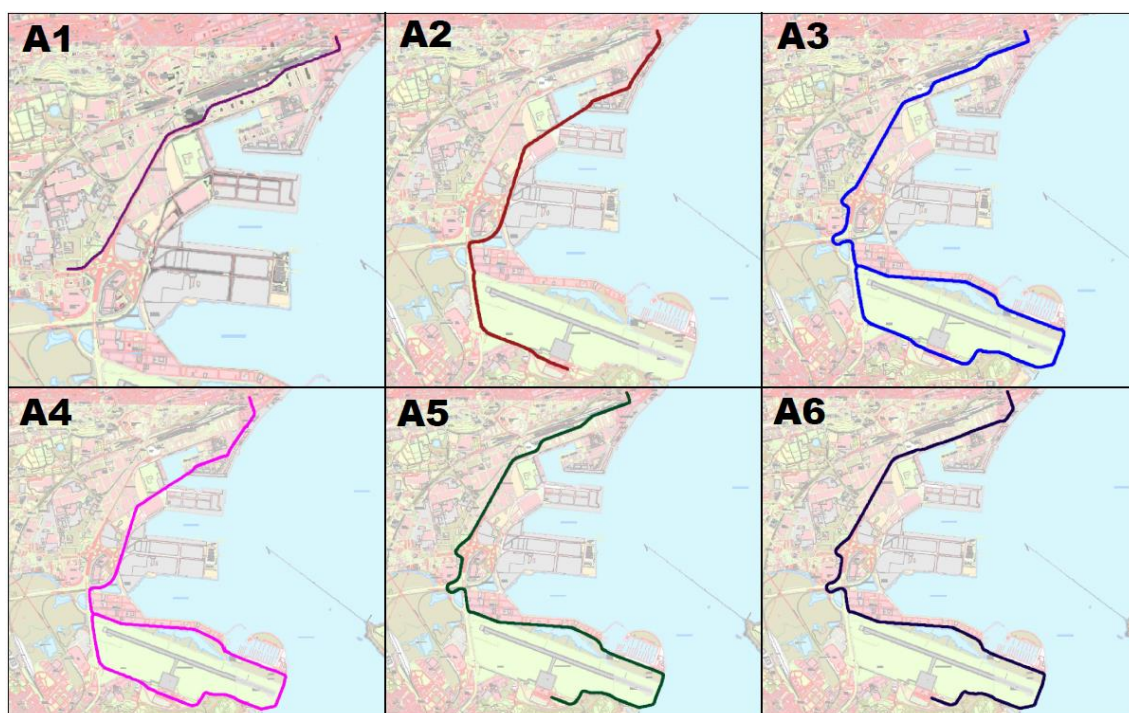


Ilustración 86. Alternativas de trazado

Todas las alternativas planteadas tienen como inicio la Plaza de las Estaciones de Santander (estación intermodal), donde se pretende unificar medios de transporte como se ha visto en las propuestas contempladas en el PGOU [1].

En cada alternativa se describirán y definirán unos parámetros que posteriormente nos servirán como criterios de valoración dentro de la evaluación multicriterio. Se atenderán criterios de servicio, territoriales, económicos y ambientales.



Ilustración 87. Conjunto de alternativas de trazado en planta.

6.1. CARTOGRAFÍA

La cartografía digital que se utiliza para realizar las alternativas de este Trabajo Fin de Grado en AutoCAD se ha obtenido de la página [53] proporcionada por el Gobierno de Cantabria y el Instituto Geográfico Nacional. Los mapas obtenidos corresponden a la versión más reciente que tienen, año 2017, y con una escala 1:5000, cuya definición es apropiada. Para la zona que nos ocupa necesitamos las siguientes hojas cartográficas:

- 0035-1-2
- 0035-2-2
- 0035-1-3
- 0035-2-3

- 0035-1-4
- 0035-2-4

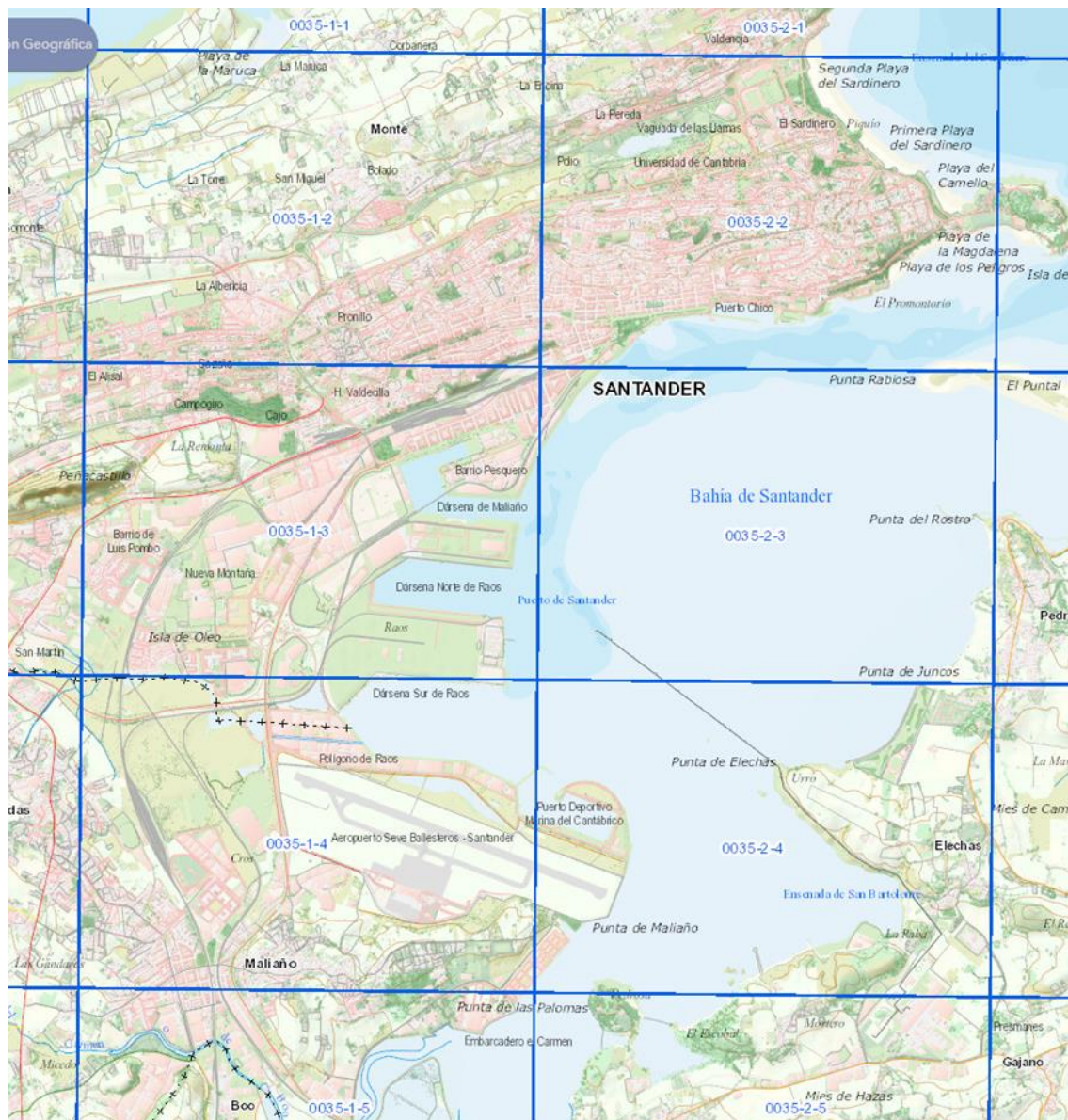


Ilustración 88. Hojas de cartografía empleada [53]

Para la elaboración del trazado de cada alternativa se han seguido las recomendaciones recogidas en [4] como son los radios de giro, ya que, cuanto mayor sea éste, mayor será la velocidad de circulación posible y el confort de la marcha.

Aunque la mayoría del material móvil que actualmente se comercializa está preparado para circular por curvas con radios mínimos de 20 a 25 metros es preferible diseñar trazados con radios de al menos 30 o 40 metros. Con lo que se van a emplear estos valores para ello.

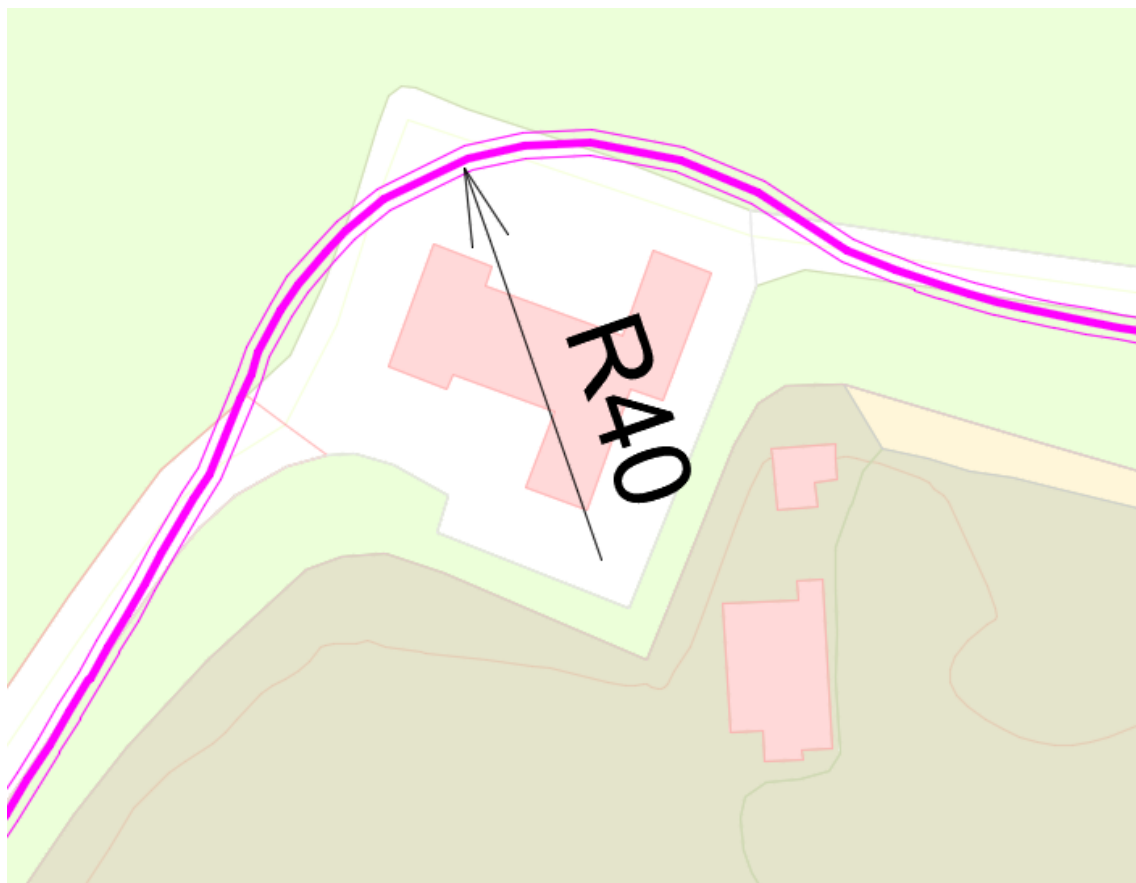


Ilustración 89. Detalle de radio mínimo empleado.

A continuación, se van a estudiar de manera individual las alternativas presentadas anteriormente.

6.2. A1: ESTACIONES – NUEVA MONTAÑA

La alternativa 1 conecta directamente la plaza de las estaciones con el área de Nueva Montaña – El Corte Inglés. Este sería un posible trazado para el tramo que se plantea para el servicio de metro ligero de Santander que enlazaría con la línea que une Nueva Montaña con el PCTCAN.



Ilustración 90. Alternativa 1 desde Estaciones hasta Nueva Montaña. Trazado en planta

6.2.1. RECORRIDO Y LONGITUD

Esta alternativa de trazado transcurre desde las Estaciones de Santander por la calle Castilla hasta el parque de la Marga, posteriormente se incorpora a la Avenida Parayas hasta el hotel City Express Santander Parayas, dejando el parque para perros a la derecha, en el sentido de esta descripción, e incorporándose a la Avenida Nueva Montaña donde acabaría su recorrido.

Tiene una longitud de 3358 m.

6.2.2. PARADAS

La propuesta de situación de paradas para esta alternativa contaría con 5 paradas.

1. Plaza de las Estaciones
2. Calle Castilla – Centro de Salud
3. Parque de la Marga
4. Avenida de Parayas
5. Avenida de Nueva Montaña

Como se ha visto anteriormente, hay líneas de autobús urbano que cubren a la perfección este trayecto por lo tanto es posible que esta alternativa no sea muy positiva en el sentido

de dar nuevo servicio a áreas que hasta ahora no estaban conectadas por medio de transporte público.

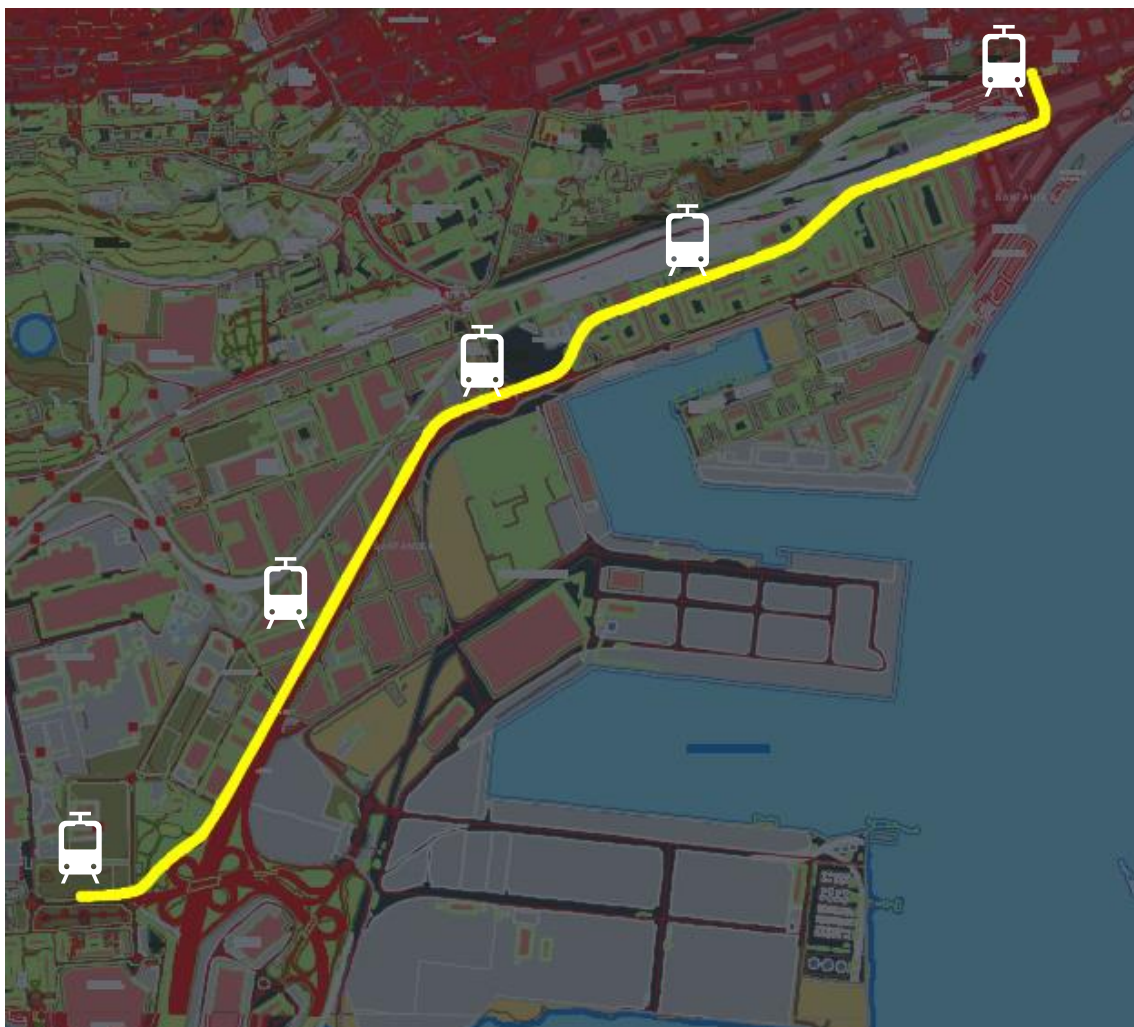


Ilustración 91. Alternativa 1 desde Estaciones hasta Nueva Montaña

6.3. A2: ESTACIONES – AEROPUERTO

Esta alternativa está pensada fundamentalmente para dar accesibilidad al aeropuerto desde la ciudad de Santander. Para salvar las transitadas calles de Castilla – Hermida se propone su paso por el Barrio Pesquero y Puerto.



Ilustración 92. Alternativa 2 Estaciones - Aeropuerto pasando por El Puerto. Trazado en planta

6.3.1. RECORRIDO Y LONGITUD

Esta alternativa de trazado inicia su recorrido en las Estaciones de Santander, atravesando la calle Castilla para incorporarse a la calle Atilano Rodríguez, posteriormente recorre la calle Antonio López en la margen pegada al puerto, hasta el Control de Acceso al Puerto de Santander que coincide con la entrada/salida de pasajeros del Brittany Ferries. A continuación se incorpora a la Avenida Sotileza, hasta prácticamente el final del Barrio Pesquero donde atraviesa la pasarela levadiza del Puerto de Santander incorporándose a la calle Río Saja, continuando su recorrido sensiblemente paralelo a las vías de tren que discurren por toda esa zona dejando las marismas de Raos a la izquierda, en el sentido de esta descripción, hasta llegar al Polígono de Raos donde se incorpora a través de la calle Las Naos hasta el tramo de carril bici que discurre alrededor del aeropuerto en el tramo paralelo a la autovía S-10 hasta llegar a la calle Aeropuerto, que finalizará en la propia terminal del Aeropuerto Seve Ballesteros.

Tiene una longitud de 5713 m.

6.3.2. PARADAS

La propuesta de situación de paradas para esta alternativa es simple pero efectiva con un total de 5 paradas, 2 de ellas cabecera. Durante el trayecto se propone paradas en puntos clave como la Biblioteca Central, el Control de accesos al Ferry y al Puerto de Santander y la entrada del Polígono de Raos. Estas paradas podrán dar servicio a usuarios de estos, así como a trabajadores.

1. Plaza de las Estaciones
2. Biblioteca Central – Control de accesos Ferry
3. Acceso Puerto de Raos
4. Polígono de Raos
5. Terminal aeropuerto Seve Ballesteros

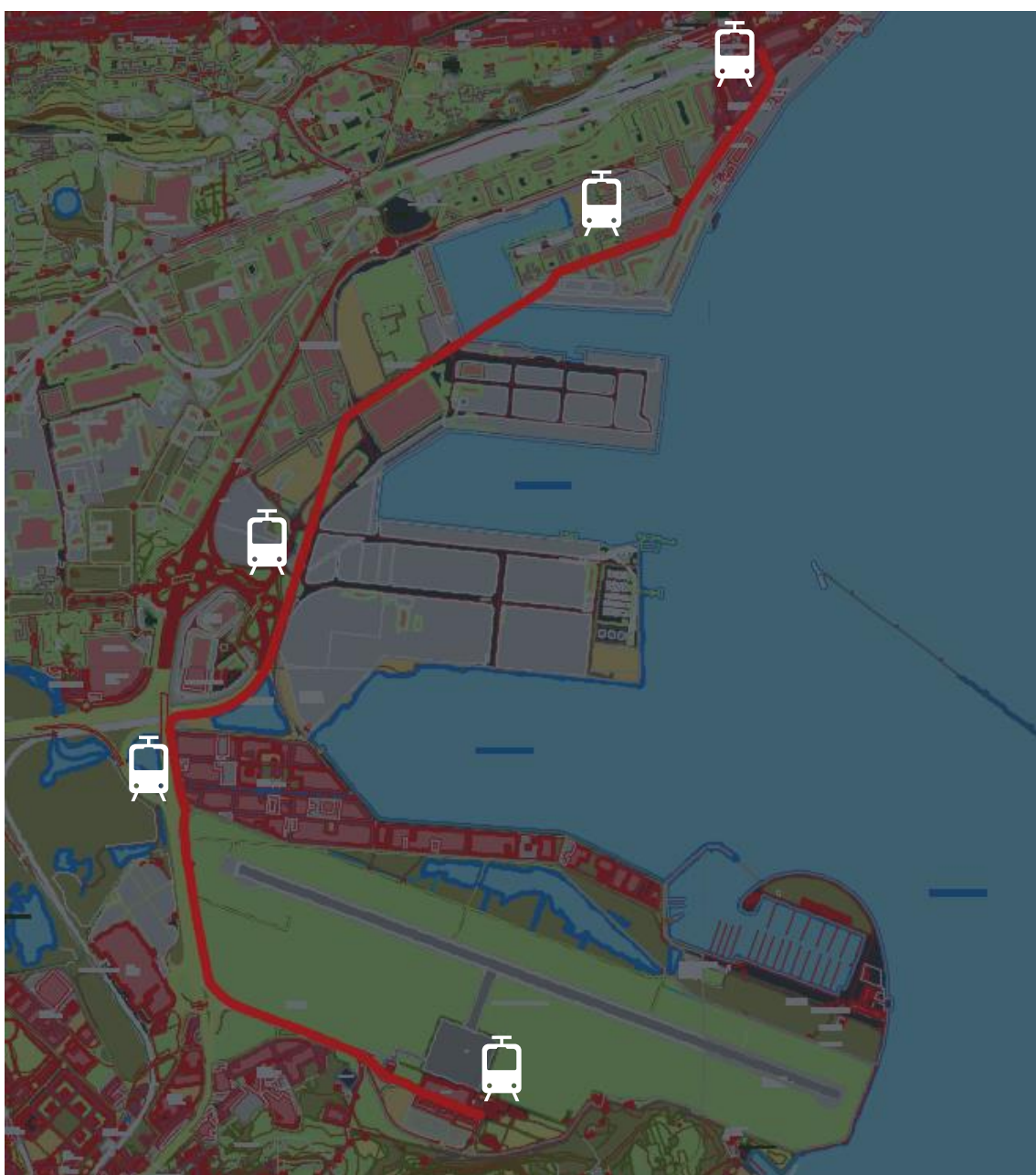


Ilustración 93. Alternativa 2 Estaciones - Aeropuerto pasando por El Puerto.

6.4. A3: ESTACIONES – NUEVA MONTAÑA – RAOS – AEROPUERTO

Esta alternativa, más larga y con sentido circular con respecto a la anterior, enlaza también la ciudad de Santander con el aeropuerto sin embargo pasa por la calle Castilla para dar mayor accesibilidad a la población de esa zona. Tiene como característica que bordea el aeropuerto Santander - Seve Ballesteros con el fin de dar servicio a la zona del puerto de Raos y Parayas.



Ilustración 94. Alternativa 3 Estaciones - Nueva Montaña - Raos – Aeropuerto. Trazado en planta.

6.4.1. RECORRIDO Y LONGITUD

El trazado de esta alternativa, en su origen es exactamente igual a la primera alternativa hasta llegar a Nueva Montaña que, en vez de finalizar su recorrido en la Avenida Nueva Montaña, a la altura del actual Conforama, continúa su recorrido por la calle Francisco Tomás y Valiente que bordea El Corte Inglés por donde transcurre el carril bici a través de



la pasarela de Raos sobre la autovía A-67 hasta llegar al polígono de Raos. Ahí se incorpora a la calle Las Naos hasta la glorieta donde toma la carretera al Puerto Deportivo en el margen del carril bici que bordea el aeropuerto. El tramo que discurre por el Puerto Deportivo de Raos se hace por el terreno que se usa como estacionamiento de caravanas hasta el final del Puerto de Raos, volviéndose a unir con el carril bici al borde de la bahía. Así llegaría hasta la terminal del Aeropuerto Seve Ballesteros y continuaría su recorrido bordeando el aeropuerto hasta incorporarse de nuevo a la glorieta donde se desvió el trazado para adentrarse en el Puerto de Raos, retomando el recorrido haciendo una especie de circuito cerrado.

Tiene una longitud de 10948 m.

6.4.2. PARADAS

La propuesta de situación de paradas para esta alternativa es simple pero efectiva con un total de 5 paradas, 2 de ellas cabecera. Durante el trayecto se propone paradas en puntos clave como la Biblioteca Central, el Control de accesos al Ferry y al Puerto de Santander y la entrada del Polígono de Raos. Estas paradas podrán dar servicio a usuarios de estos, así como a trabajadores.

1. Plaza de las Estaciones
2. Calle Castilla – Centro de Salud
3. Parque de la Marga
4. Avenida de Parayas
5. Calle Francisco Tomás y Valiente – El Corte Inglés
6. Polígono de Raos – Calle Las Naos
7. Polígono de Raos – Carretera al Puerto Deportivo
8. Puerto Deportivo Marina de Santander
9. Punta Parayas
10. Terminal aeropuerto Seve Ballesteros

6.4.3. ESTRUCTURA

Para las alternativas cuyo trazado pasa por la zona de El Corte Inglés y posteriormente se introduce en el polígono de Raos se propone construir una pasarela sensiblemente paralela a la existente con finalidad peatonal y ciclable.



Ilustración 95. Vista aérea de la pasarela peatonal-bici que conecta Nueva Montaña con Raos [54]



Ilustración 96. Pasarela de Raos [54]

La propuesta que se plantea es una pasarela de características estéticas similares para encajar en el entorno con las consiguientes adaptaciones en su estructura y cimentación para hacer posible el paso del tranvía. El importe de esta estructura se estima en 2 M€, la pasarela actual se adjudicó por 1,3 M€ contando con un presupuesto inicial de 1,8 M€ [55].

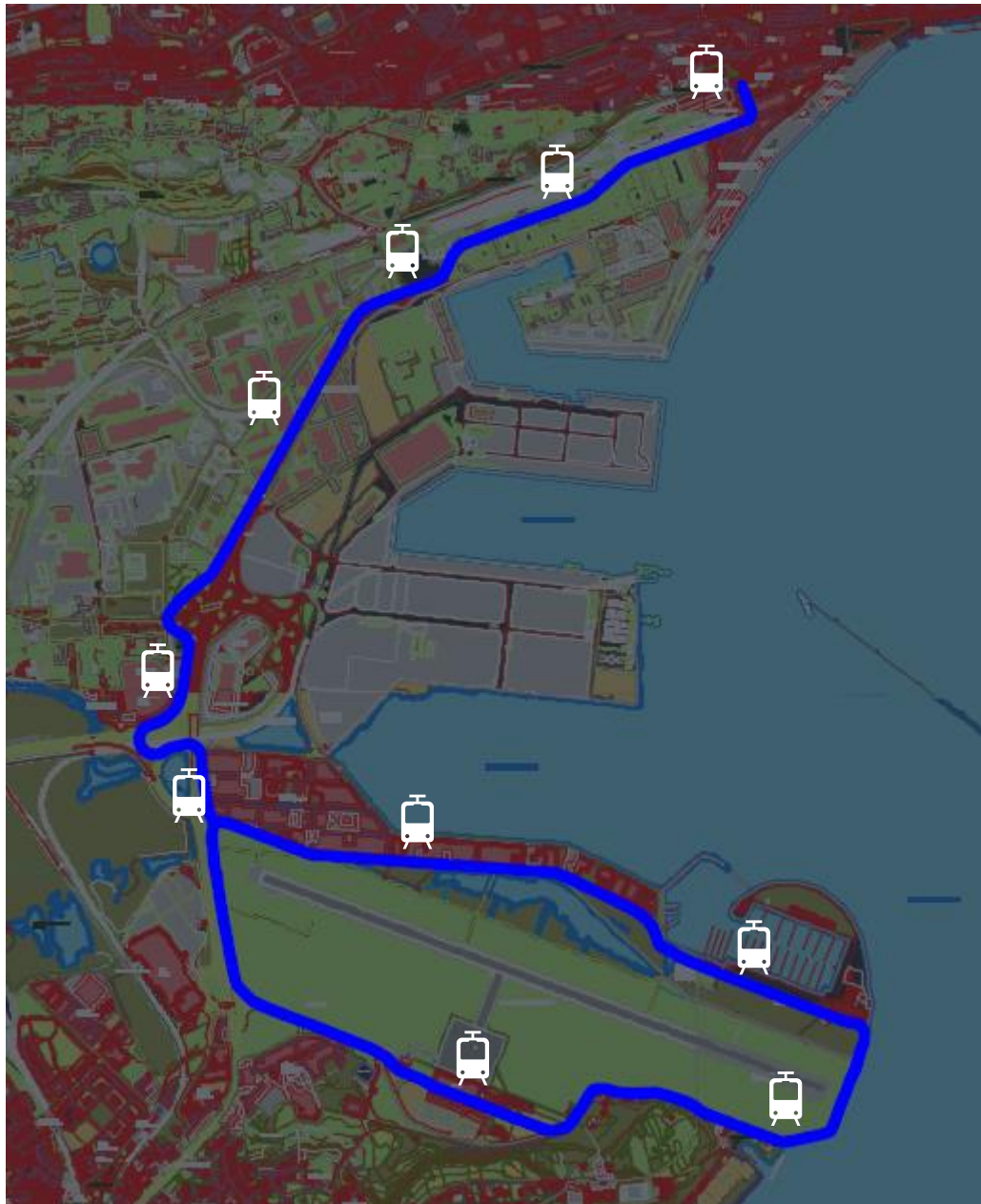


Ilustración 97. Alternativa 3: Estaciones - Nueva Montaña - Raos – Aeropuerto

6.5. A4: ESTACIONES – PUERTO – RAOS – AEROPUERTO

Esta alternativa conecta la ciudad de Santander con el aeropuerto Santander – Seve Ballesteros y, al igual que la anterior, tiene sentido circular en la zona del aeropuerto. Sin embargo, se adentra a esta área a través del Puerto.



Ilustración 98. Alternativa 4: Estaciones - Puerto - Raos - Aeropuerto. Trazado en planta

6.5.1. RECORRIDO Y LONGITUD

Esta alternativa de trazado en su origen es igual que la alternativa 2, solo que al llegar al polígono de Raos se incorpora a la calle Las Naos hasta la glorieta donde toma la carretera al Puerto Deportivo en el margen del carril bici que bordea el aeropuerto. El tramo que discurre por el Puerto Deportivo de Raos se hace por el terreno que se usa como estacionamiento de caravanas hasta el final del Puerto de Raos, volviéndose a unir con el carril bici al borde de la bahía. Llegando así hasta la terminal del Aeropuerto Seve Ballesteros y continuaría su recorrido bordeando el aeropuerto hasta incorporarse de nuevo a la glorieta donde se desvió el trazado para adentrarse en el Puerto de Raos, retomando el recorrido haciendo una especie de circuito cerrado.

Tiene una longitud de 10457,6 m

6.5.2. PARADAS

La propuesta de situación de paradas para esta alternativa cuenta con un total de 8 paradas, 2 de ellas cabecera. Durante el trayecto se propone paradas en puntos clave como la Biblioteca Central, el Control de accesos al Ferry y al Puerto de Santander, el Polígono de Raos, Puerto Deportivo y el área recreativa Punta. Estas paradas podrán dar servicio a usuarios de estos, así como a trabajadores.

1. Plaza de las Estaciones
2. Biblioteca Central – Control de accesos Ferry
3. Acceso Puerto de Raos
4. Polígono de Raos – Calle Las Naos
5. Polígono de Raos – Carretera al Puerto Deportivo
6. Puerto Deportivo Marina de Santander
7. Punta Parayas
8. Terminal aeropuerto Seve Ballesteros

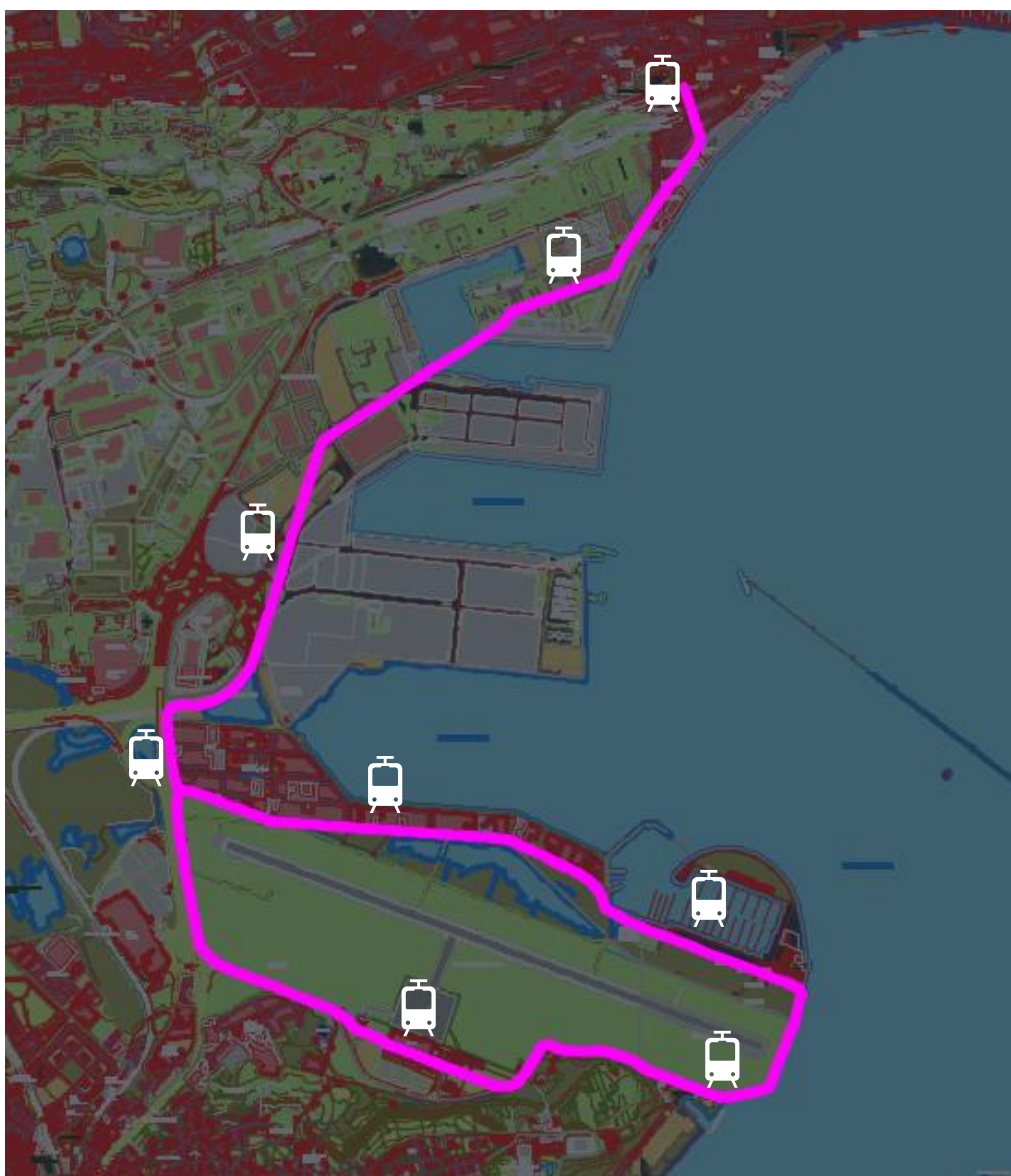


Ilustración 99. Alternativa 4: Estaciones - Puerto - Raos - Aeropuerto.

6.6. A5: ESTACIONES – CASTILLA – NUEVA MONTAÑA – RAOS – AEROPUERTO

Esta alternativa de trazado se basa en la alternativa 3 que, para dotarle de un menor recorrido se suprime el tramo oeste que bordea el aeropuerto obligando a hacer el recorrido en sentido bidireccional.



Ilustración 100. Alternativa 5: Estaciones - Castilla - Nueva Montaña - Raos - Aeropuerto. Trazado en planta

6.6.1. RECORRIDO Y LONGITUD

El trazado de esta alternativa comparte trazado con la nº3, sin ser una línea circular.

Tiene una longitud de 9149 m.

6.6.2. PARADAS

La propuesta de situación de paradas para esta alternativa cuenta con un total de 10 paradas, 2 de ellas cabecera. Durante el trayecto se propone paradas en puntos clave como el Centro de Salud La Marina, el futuro aparcamiento de la Marga, concesionarios de la Avenida de Parayas, El Corte Inglés, el Polígono de Raos, Puerto Deportivo y el área recreativa Punta. Estas paradas podrán dar servicio a usuarios de estos, así como a trabajadores.

1. Plaza de las Estaciones
2. Calle Castilla – Centro de Salud
3. Parque de la Marga
4. Avenida de Parayas
5. Calle Francisco Tomás y Valiente – El Corte Inglés
6. Polígono de Raos – Calle Las Naos
7. Polígono de Raos – Carretera al Puerto Deportivo
8. Puerto Deportivo Marina de Santander
9. Punta Parayas
10. Terminal aeropuerto Seve Ballesteros

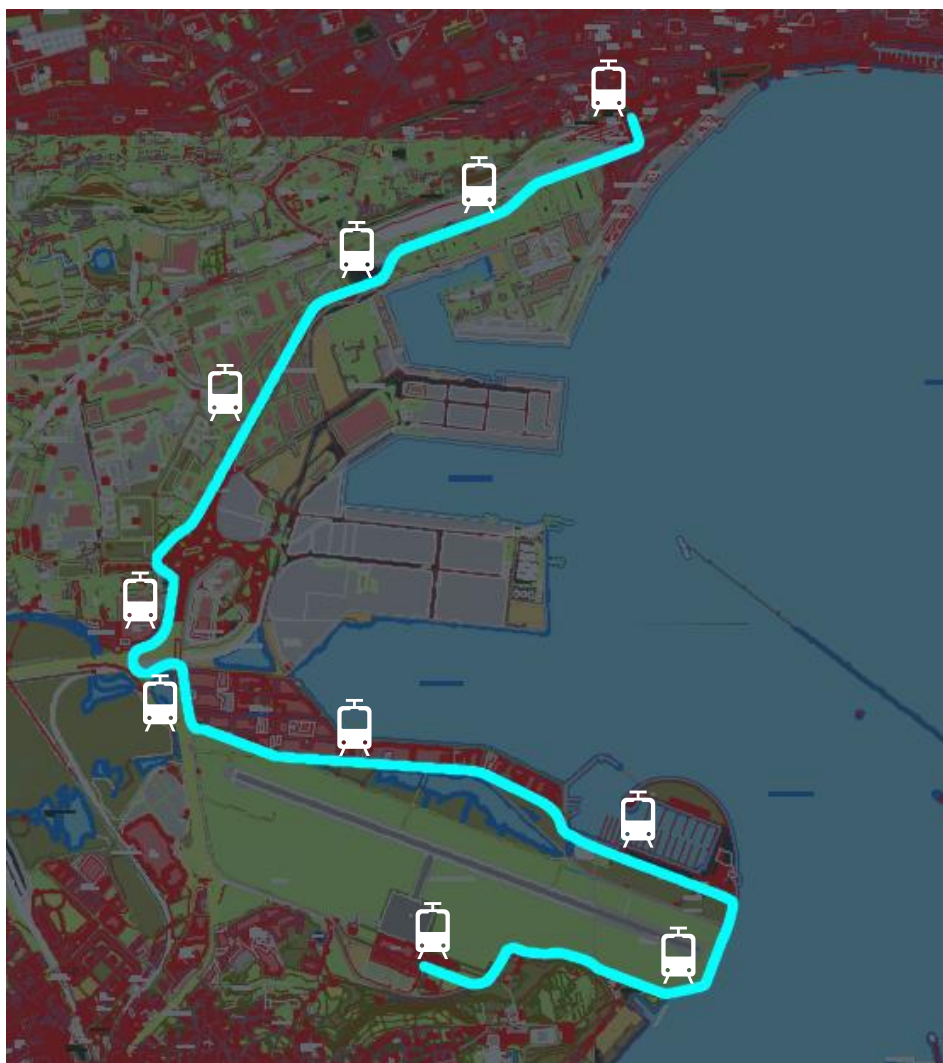


Ilustración 101. Alternativa 5: Estaciones - Castilla - Nueva Montaña - Raos - Aeropuerto.

6.7. A6: ESTACIONES – HERMIDA – NUEVA MONTAÑA – RAOS – AEROPUERTO

Esta alternativa de trazado es idéntica a la anterior cambiando el inicio de este que lo hace por Marqués de la Hermida en vez de por la calle Castilla. Es un recorrido desde las estaciones al aeropuerto lineal, siendo éste de ida y vuelta.



Ilustración 102. Alternativa 6: Estaciones - Marqués de la Hermida - Nueva Montaña - Raos - Aeropuerto. Trazado en planta

6.7.1. RECORRIDO Y LONGITUD

Tiene una longitud de 9254 m.

6.7.2. PARADAS

La propuesta de situación de paradas para esta alternativa cuenta con un total de 10 paradas, 2 de ellas cabecera. Durante el trayecto se propone paradas en puntos clave como la Biblioteca Central, el futuro aparcamiento de la Marga, concesionarios de la Avenida de Parayas, El Corte Inglés, el Polígono de Raos, Puerto Deportivo y el área recreativa Punta. Estas paradas podrán dar servicio a usuarios de estos, así como a trabajadores.

1. Plaza de las Estaciones
2. Marqués de la Hermida – Biblioteca Central
3. Parque de la Marga
4. Avenida de Parayas
5. Calle Francisco Tomás y Valiente – El Corte Inglés
6. Polígono de Raos – Calle Las Naos
7. Polígono de Raos – Carretera al Puerto Deportivo
8. Puerto Deportivo Marina de Santander
9. Punta Parayas
10. Terminal aeropuerto Seve Ballesteros

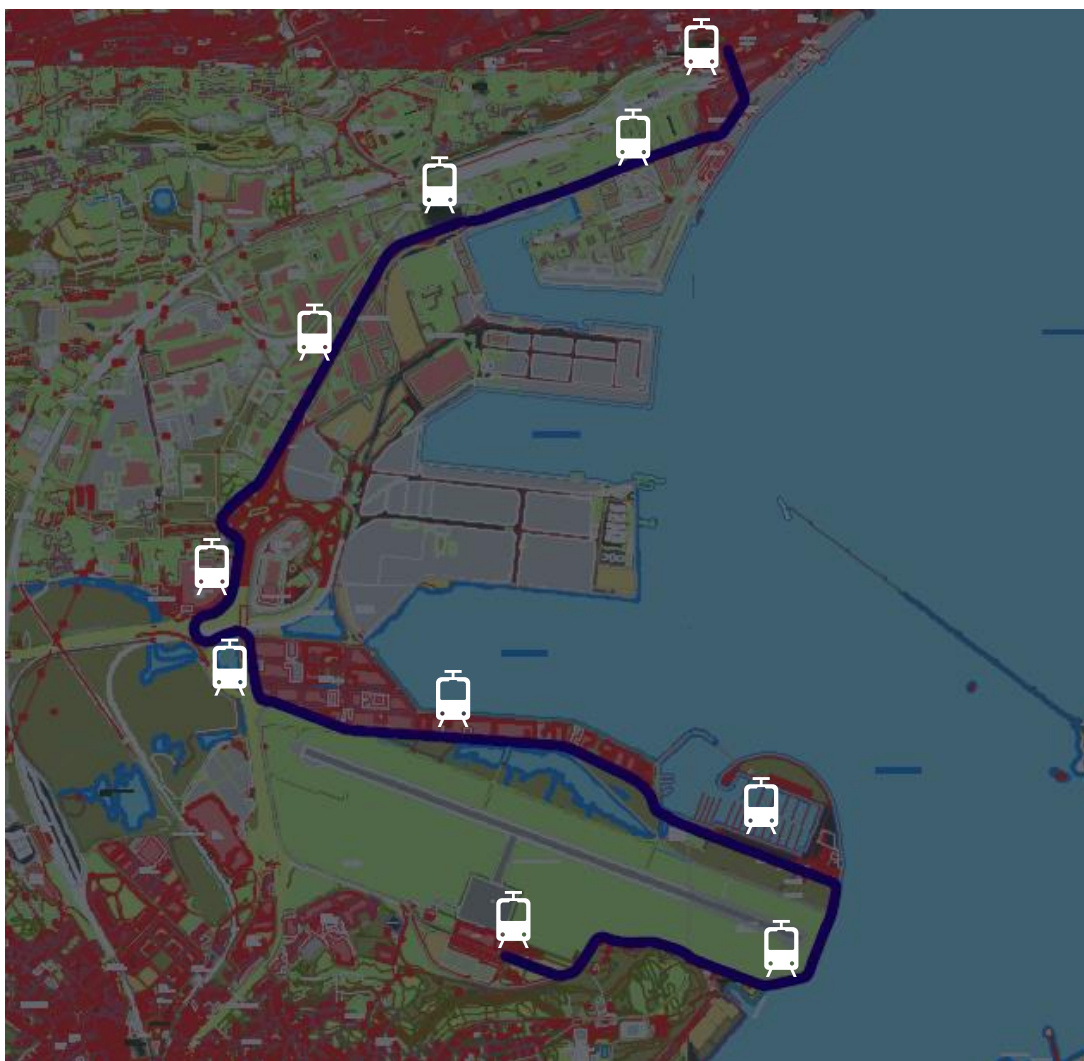


Ilustración 103. Alternativa 6: Estaciones - Marqués de la Hermida - Nueva Montaña - Raos - Aeropuerto.

7. SUPERESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA

La plataforma propuesta para este sistema tranviario consiste en una solución de vía en placa con carril embebido con tramos compartidos con el tráfico y zonas de uso exclusivo para el tranvía. Esta implantación consigue una perfecta integración en zonas urbanas.

Para la elección de este sistema se han utilizado los criterios definidos en [56]. En esta publicación podemos encontrar la siguiente tabla de recomendaciones de tipo de vía en placa en función de su aplicación.

Tipo de vía / Aplicaciones	Tranvía	Metro	Paso a nivel	Estructuras/ viaductos (Puentes < 500 m)	Estaciones ferroviarias	Terminal de carga	Vía normal	Alta velocidad
Traviesas embebidas		x		x	x		x	x
Vías de asfalto / Losas de hormigón				x			x	x
Losas prefabricadas		x	x	x			x	x
Losas monolíticas y estructuras civiles		x		x	x	x		
Sistemas de carril embebido (ERS)	x	x	x	x	x	x		

Tabla 2. Recomendaciones de tipo de vía según aplicación (traducción) [56]





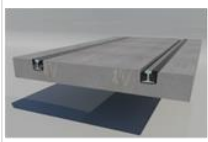




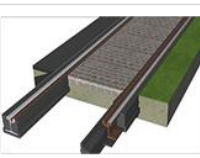
ANALYSED SLAB TRACK TYPES					
1	PRECAST SLAB		6	TWIN BLOCK SYSTEM	
2	GROOVED RAIL		7	DIRECT FASTENING DFFT-T	
3	EMBEDDED RAIL - Corkelast		8	PANDROL FASTCLIP SFC	
4	RHEDA2000 system (embedded blocks)		9	BLOCK SYSTEMS - LVT	
5	VANGUARD SYSTEM		10	EMBEDDED RAIL - Jackets	

Tabla 3. Tipos de Vía en placa analizadas [56]



Nº	Tipo de vía en placa	Accesibilidad de la vía	Reducción de ruido	Reducción de vibraciones	Reducción de plataforma	Facilidad para el drenaje	Materiales no inflamables	Buen drenaje	Rápida construcción	Estabilidad de la vía
1	Losa prefabricada		X	X			X	X		X
2	Grooved	X				X	X			X
3	Edilon Corkelast ERS	X	X	X	X	X	X			X
4	RHEDA sin elastómero				X	X	X	X	X	X
5	Vanguard		X				X			X
6	STEDEFF con elastómero		X	X			X	X		X
7	DFF-T	X				X	X		X	X
8	SFC						X			X
9	Bloques embebidos		X	X			X	X		X
10	Chaquetas	X			X	X	X			X

Tabla 4. Requisitos de cada tipo de vía (traducido) [56]

Ya que se pretende que el carril sea compartido con otro tipo de circulación, nuestra opción elegida es el carril embebido nº3, Edilon Sedra Corkelast ERS, ya que es apta para cualquier tipo de tráfico y entorno como túneles, estaciones, puentes, vías industriales, cocheras, plantas de lavado y apeaderos. El uso de apoyos elásticos continuos y homogéneo a lo largo de toda la longitud de la vía proporciona, de forma óptima, el soporte, la resiliencia y el aislamiento eléctrico requeridos.

Además, elimina los problemas logísticos y los costes asociados con el balasto, traviesas, placas de fijación directa y sujeciones, así como sus correspondientes inspecciones y mantenimientos.

Este sistema de carril embebido tiene múltiples ventajas.

- Es altamente resistente para tráfico mixto cruzado (trenes y camiones pesados, autobuses, coches, vehículos de servicio y rescate).
- Ahorro en altura y peso de la losa.
- Reducción considerable de ruido de suelo/estructura.
- Diseño atractivo y muy fácil de limpiar.
- A prueba de robo y sabotaje. Sin clips que se puedan robar o doblar y sin tornillos que se puedan soltar.
- Gran aislamiento eléctrico.



Ilustración 104. Sección de carril [57]

Para estimar el coste aproximado de construcción para cada alternativa, se van a obtener unos valores del coste por metro de trazado. Es una forma simplificada de sacar costes significativos para alternativa con el fin de compararlas en la evaluación multicriterio.

A partir del artículo [56] se puede estimar un coste de unos 920 €/m en vía doble para este sistema incluyendo todos los trabajos de obra civil de demolición, urbanización, plataforma y montaje de la superestructura ferroviaria.

En particular para los trazados planteados, se pretende ocupar el menor espacio posible del tráfico y es por ello por lo que se plantea un trazo en vía única con lo que el coste sería el 60% del de vía doble, unos 550 €/m aproximadamente.

Este importe no incluye la electrificación ni señalización, y tomando datos de proyectos similares [7] y [58] se ha llegado a una aproximación de unos 370 €/m.

Sumando todas estas aproximaciones obtenemos un valor de 920 €/m para la estimación del coste de alternativas según longitud.

8. MATERIAL MÓVIL

Para la elección del material móvil a emplear se tienen que analizar una serie de aspectos como son los medioambientales, capacidad y demanda, reversibilidad si la hubiera, infraestructura y mantenimiento, persiguiendo dar un servicio cómodo y de calidad.

Después de las alternativas vistas en otras ciudades al comienzo de este Trabajo y sus múltiples alternativas de material móvil, particularmente para esta propuesta, se ha elegido el sistema empleado en Zaragoza; propuesta española varias veces galardonada por sus características más favorables con respecto a otros tipo como son el sistema moderno de circulación sin cable de contacto, con el consecuente bajo impacto visual. Además la empresa fabricante cuenta con una gran versatilidad en coches y vagones para adaptarse a cualquier demanda.

Para definir el sistema se va a consultar datos de una empresa española de fabricación de vehículos para tranvía, y en particular el material móvil utilizado en el tranvía de Zaragoza ya que además de ser de esta empresa, está a la vanguardia en eficiencia energética y minimización del impacto visual que el sistema puede llegar a suponer. Este proyecto del Tranvía de Zaragoza ha sido premiado 12 veces, entre ellos “Mejor proyecto mundial del año” dentro del “Light Rail Awards 2012” y “Mejor Proyecto de Integración Urbana” por la Unión Internacional de Transporte Público (UITP) [59]



Ilustración 105. Tranvía URBOS 100 con sistema Freedrive de CAF en Zaragoza.

La empresa en cuestión es CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles S.A. y su propuesta de tranvías cuenta con una solución modular adaptable y flexible a las necesidades de cada ciudad y tipo de explotación. En particular, se va a analizar el modelo de tranvía URBOS 100.

Los tranvías, con alimentación de catenaria de 750 v, tienen bogíes para 1000 mm y 1435 mm en función del ancho de vía. Poseen vehículos de anchos 2,3 m, 2,4 m y 2,65 m, y longitudes de tranvía variables desde 18 m hasta 43 metros en función de los coches que se acoplen.

3 coches: Capacidad total*: 129



5 coches: Capacidad total*: 221



7 coches: Capacidad total*: 306



9 coches: Capacidad total*: 397



Ilustración 106. Coches adaptables al flujo de viajeros [31]

Los tranvías son unidireccionales o bidireccionales. En cuanto al sentido de la marcha, influye en la elección de vehículos reversibles. En primer caso puede disponerse de puertas solamente a un lado mientras que en el segundo es obligatorio que haya puertas en ambos lados.

Los tranvías no reversibles al necesitar puertas únicamente en uno de los lados presentan mayor capacidad de asientos y un menor equipamiento eléctrico y mecánico. Esto supone menor coste de adquisición y mantenimiento. Para su circulación es necesaria la existencia de giros de 180° que permitan dar la vuelta al vehículo en los extremos o bien cruces de vía en doble diagonal o de tipo Bretelle.

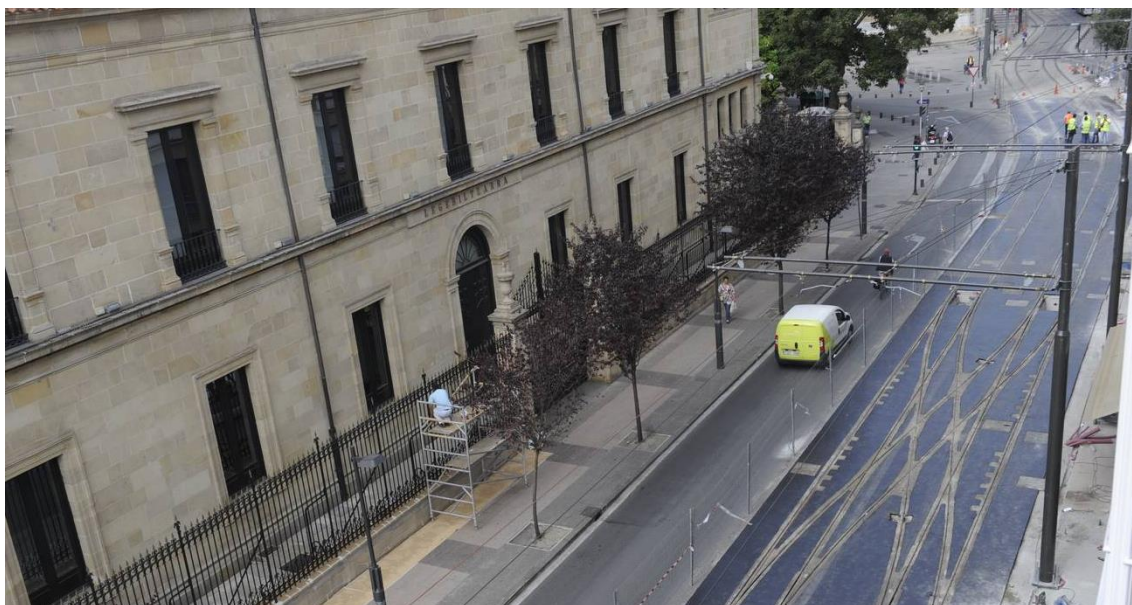


Ilustración 107. Cambio de sentido en el tranvía de Vitoria, Parlamento, tipo Bretelle [60]

En nuestros casos de estudio será suficiente con vehículos bidireccionales, ya que en principio se plantea el trazado para vía única. Los tranvías bidireccionales pueden circular

en vía única donde se permite invertir el sentido de la marcha. Exigen puertas en ambos lados permitiendo mayor flexibilidad de elección del tipo de estación.

En cuanto a la velocidad todas las alternativas cumplen fácilmente el máximo permitido en ciudad de 50 km/h, la explotación de este servicio no requiere altas velocidades sino elevadas prestaciones de aceleración y deceleración y para ello se recomiendan diseños de vehículos lo más ligero posible. En particular, este modelo de tranvía que se propone alcanza los 70 km/h.

La accesibilidad de los vehículos y paradas es uno de los factores de calidad. Se emplearán vehículos de plataforma baja permitiendo el acceso a nivel desde las plataformas de paradas. El modelo propuesto de CAF URBOS 100 es 100% de piso bajo. Gracias al sistema de bogies que presenta, la altura del nivel de piso sobre el carril es de 350 mm constante a lo largo de todo el tren, incluida la zona de acceso de puertas.



Ilustración 108. Detalle de entrada al tranvía [31]

Esto permite la cómoda utilización de todo tipo de público incluyendo viajeros con equipaje, deportistas con bicicleta, personas con carro de compra o bebé, personas con movilidad reducida y personas en silla de ruedas. Además, supone una mayor seguridad para el viajero con menor riesgo de caídas y tropiezos.



Ilustración 109. Amplio espacio a la entrada, con espacio para bicicletas y carros [31]

Como carácter estético el modelo de tranvía es personalizable en cuanto a la selección de frontales y diseños interiores, colores y tejidos de los asientos.

El equipamiento del habitáculo es sencillo pero eficaz, con dispositivos para el canje de billete en todas las puertas, aire acondicionado tanto en cabina como en coches de viajeros. Se dotan también de información acústica y visual. Por temas de seguridad también cuentan con registrador de eventos o caja negra, videovigilancia y sistemas de control y supervisión de la conducción.



Ilustración 110. Interior de tranvía modelo URBOS 100 en Zaragoza [59]

Se propone este modelo porque es compatible con las tecnologías Greentech, desarrollada por CAF Power & Automation, haciendo así al tranvía un medio aún más eficiente y respetuoso con el entorno y el medio ambiente optimizando el consumo de energía y reduciendo en gran parte el impacto visual del tranvía en Santander gracias a la eliminación de la catenaria.

Greentech Evodrive es un sistema embarcado que recupera la energía cinética liberada en la frenada, pudiendo utilizarla a posteriori mejorando la eficiencia energética del vehículo.

El sistema se compone de tres elementos:

- Sistema de acumulación: módulos de supercondensadores de última generación capaces de almacenar energía.
- Convertidor DC/DC: gestiona la carga y descarga del sistema de acumulación.
- Electrónica de Control: incorpora estrategias avanzadas durante el control óptimo del flujo energético.

Greentech Freedrive es un sistema embarcado de acumulación energética que permite la circulación sin catenaria. Este sistema, basado en ultracapacidades y baterías de Ion Litio incorpora las anteriormente descritas ventajas tecnológicas de Evodrive con la carga ultra rápida de sus baterías, en menos de 20 segundos. Este proceso de carga rápida se puede realizar por catenaria, como en el Metrocentro de Sevilla, que también utiliza este sistema, o por sistema de captación inferior de energía, como es el caso del Tranvía de Zaragoza.

El ahorro energético aproximado es del 30%. Esta solución permite hasta 1400 metros en modo de operación sin catenaria, disminuyendo así el impacto visual de la infraestructura, algo útil en cualquier tramo de ciudad y especialmente en el casco antiguo o zona centro.



Ilustración 111. Logo [61]

Este sistema tiene enormes ventajas, al permitir a los vehículos circular en tramos sin catenaria implica una reducción de la contaminación visual en tramos urbanos y una reducción en la inversión de infraestructura y su posterior mantenimiento. También cabe mencionar que el sistema es aplicable a cualquier fabricante, por lo cual se podría instalar en otro tipo de vehículo que resultara elegido para su compra.



Ilustración 112. Puesto de mandos de tranvía modelo URBOS 100 [31]

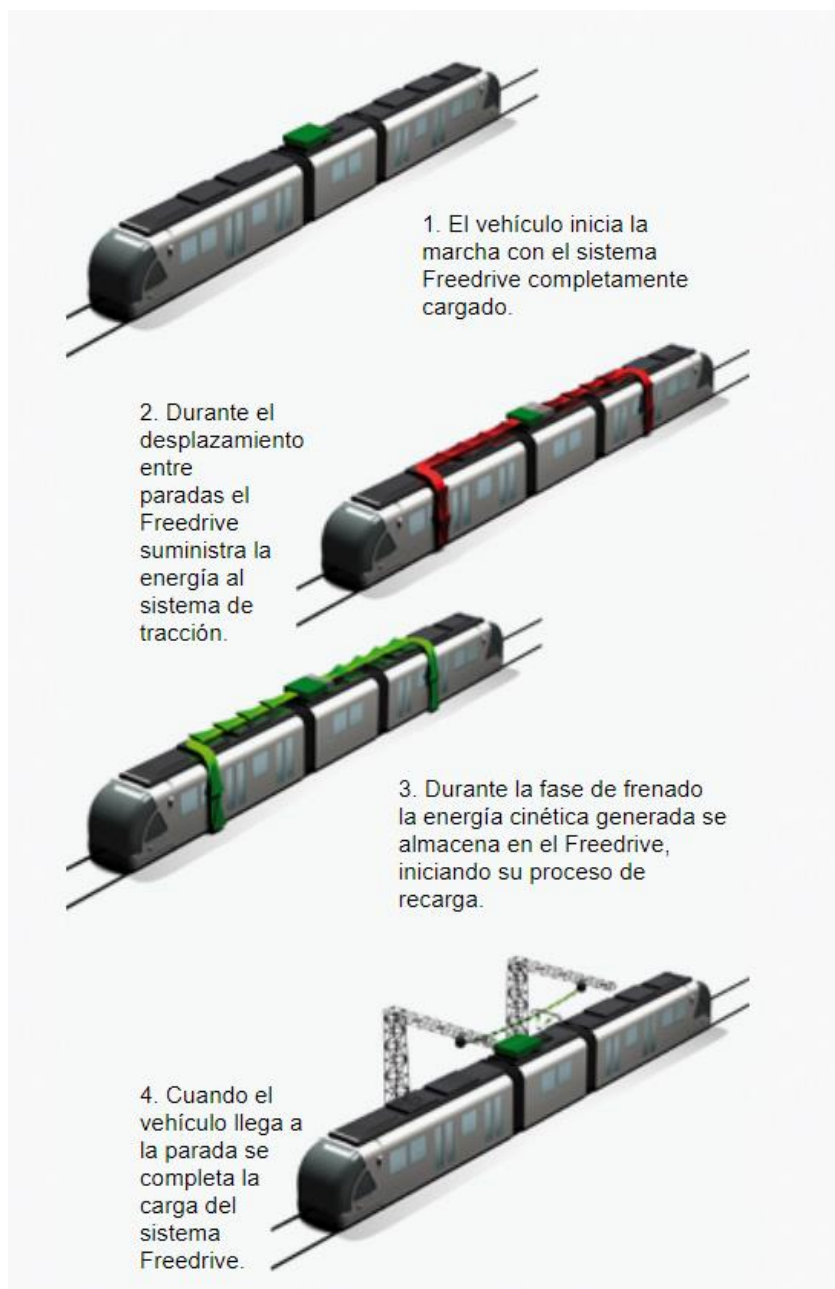


Ilustración 113. Funcionamiento Freedrive [31]

En cuanto al coste del material móvil, según datos recogidos en el informe de fiscalización nº 1204, elaborado por el Tribunal de Cuentas en el año 2017, relacionado con el desarrollo, mantenimiento y gestión del tranvía de Zaragoza dice:

“De acuerdo con las relaciones valoradas aportadas a este Tribunal de Cuentas por el Ayuntamiento de Zaragoza, el número de unidades móviles facturadas a la conclusión del periodo fiscalizado ha sido de 21, de conformidad con el calendario de entregas ofertado, por un importe de 2.828.000 €, sin IVA, cada una (59.388.000 € en total), además de una partida en concepto de piezas y repuestos por 3.800.000 €” [62].

Dentro del “Estudio de factibilidad técnica, económica, financiera y legal de una solución tranviaria aprovechando el actual corredor ferroviario entre Altsasu-Miranda en el territorio histórico de Álava y en el término municipal de Vitoria Gasteiz, Memoria de estudio” de

diciembre 2017 elaborada por Mcrit y BCN Ecología, encontramos en el punto 8.4.1. Costes unitarios considerados para la valoración de alternativas la siguiente tabla resumen de costes relacionados con la operación, mantenimiento, infraestructura y material móvil.

	MODO	VALOR
COSTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ferrocarril interurbano	6,8 €/vkm
	Autobús interurbano	1,3 €/vkm
	Tranvía urbano	10,3€/vkm
	Autobús urbano	4,5 €/vkm
	BRT	5,5 €/vkm
IMPLANTACIÓN	Tranvía urbano	8,5 M€/km
	BRT	2,9 M€ + 0,39 €/km
MATERIAL MÓVIL	Ferrocarril ligero / tren-tranvía	5,4 M€
	Tranvía	2,8 M€
	BRT	0,9 M€
COSTE PARADA	Apeaderos en traza existente	1,2 M€
	Apeadero subterráneo	5 M€
	Nueva parada de tranvía / BRT	0,22 M€
COCHERAS Y TALLERES	Coste de implantación de un espacio de cochera y taller	1 M€ / unidad móvil

Tabla 5. Costes unitarios [63]

Con el dato de 2.828.000 € por unidad de material móvil obtenido del informe de Zaragoza [62] y los obtenidos de la tabla anterior, en el que se estimaba un valor de 2,8 millones de euros por tranvía, se considera un valor bastante coincidente para hacer una aproximación de coste de nuestras alternativas para la ciudad de Santander.

9. PARADAS

Para el diseño de paradas se puede encargar a cualquier arquitecto para que diseñe un modelo acorde a la estética que persigue la ciudad de Santander. Como ejemplo, el reconocido arquitecto Norman Foster, premio Pritzker en 1999 y premio Príncipe de Asturias de las Artes en 2009, diseñó la marquesina del Ayuntamiento de Santander. Es una pieza única en todo el municipio.



Ilustración 114. Parada de autobús en el Ayuntamiento de Santander.

Independientemente del diseño y de la ubicación de estas, las paradas deben cumplir unos requisitos mínimos de iluminación, información, refugio, comodidad y seguridad. Como ejemplo de parada de tranvía también nos vamos a fijar en la ciudad de Zaragoza; a continuación, se muestra un ejemplo de las que tienen instaladas durante su recorrido.

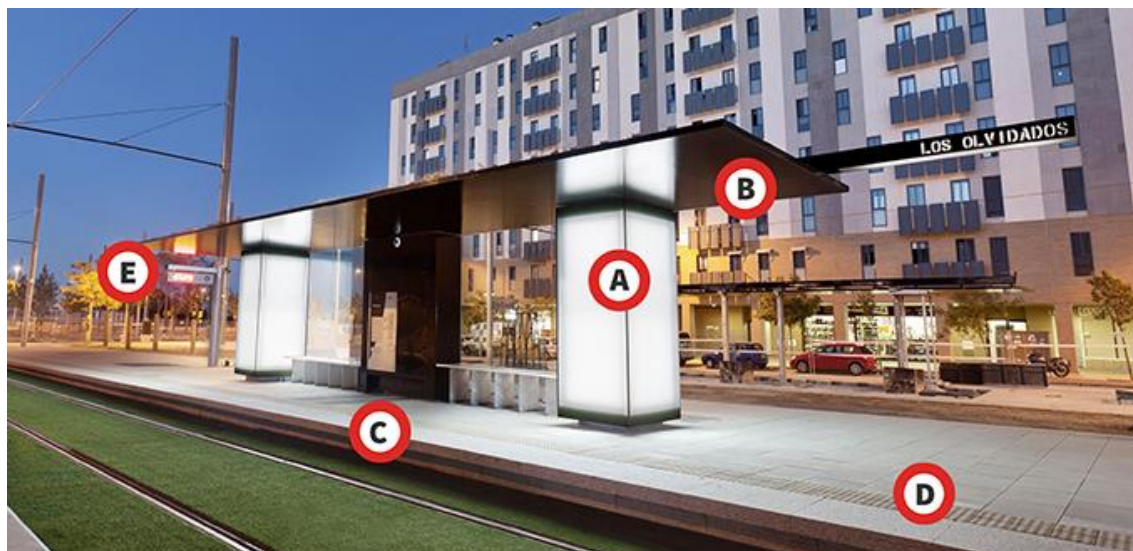


Ilustración 115. Parada de tranvía de Zaragoza [64]

- A) **Cajas de luz.** Las columnas de la estructura están fabricadas en doble vidrio laminado con altura de 2,60 metros. Emiten luz de color blanco por sus cuatro caras, por lo que sirven para iluminar el interior de la marquesina y también para que éstas sean reconocibles a distancia. Asimismo, sirven como nuevos puntos de luz de las calles por la noche.
- B) **Cubierta para protección.** Lacada en negro, tiene unas dimensiones de 15,40 metros de largo por 2,80 de ancho. Cuentan con un jardín de sedum, una especie vegetal que se caracteriza por no requerir apenas mantenimiento. La cubierta vegetal absorbe las radiaciones solares y refresca el ambiente en los días de más calor.
- C) **Ausencia de escalones.** El andén, de 68 metros, está elevado sobre la acera para que el tranvía quede a ras de suelo. Además, no existe hueco alguno entre el tranvía y el andén.
- D) **Franja de seguridad.** La franja longitudinal amarilla indica la zona de seguridad por detrás de la cual deben situarse los viajeros hasta que el tranvía se detenga totalmente. Además, el pavimento es podotáctil para proporcionar una completa accesibilidad y precaución.
- E) **Información para el ciudadano.** Todas las paradas cuentan con paneles led donde se indica el tiempo que falta para que llegue el siguiente tranvía. Las marquesinas incorporan también megafonía para informar sobre cualquier incidencia.

Según se ha visto en el Estudio de viabilidad técnica, económica, financiera y legal de la solución tranviaria para Álava, tabla 5 del presente Trabajo, una marquesina de estas características puede rondar los 200.000 €. Sin embargo, según el planteamiento establecido para las situación de paradas dentro de cada alternativa del apartado 6, cabe la posibilidad de aprovechar alguna marquesina destinada a pasajeros de autobús, adaptándola a estos nuevos requisitos de tranvía. Concretamente en el tramo de la calle Castilla por donde se ha visto anteriormente que circulan varias líneas del TUS, ilustraciones 71-74.

Para recuperar su inversión también se contempla la opción de implantar publicidad en las marquesinas, como se hace en las destinadas a paradas de autobús.

10. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para estimar el coste económico más significativo de cada una de las alternativas se van a tener en cuenta los valores representativos de cada una de ellas para transformarlo en coste con los precios que se han ido comentando en apartados anteriores.

En primer lugar, se reflejan las características influyentes de cada alternativa. Conviene recordar en este apartado que se descartó inicialmente la alternativa 1 por no cumplir los requisitos que se proponen en el presente trabajo.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Longitud (m)	3358	5713	10948	10457,6	9149	9254
N.º de paradas	5	5	10	8	10	10
N.º de paradas nuevas	3	4	8	7	8	8
Necesidad de pasarela	No	No	Sí	No	Sí	Sí

Tabla 6. Resumen de características de las alternativas planteadas.

Así, teniendo en cuenta los precios de las partidas de la obra lineal de mayor envergadura dentro de los proyectos de obra lineales como se ha sintetizado en el apartado 7,

- Construcción de vía en placa: 550 €/m
- Electrificación: 300 €/m
- Señalización: 70 €/m

Incluyendo estas tres partidas obtenemos un coste de 920 €/m que, multiplicando por las longitudes de cada alternativa se obtiene un coste representativo de cada alternativa.

Añadiendo el coste por instalación de paradas nuevas a razón de 200.000 €/ud y la estructura de 2.000.000 €, quedan los siguientes costes por alternativa:

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Coste longitud	3.089.630 €	5.255.960 €	10.072.160 €	9.620.992 €	8.417.080 €	8.513.680 €
Coste por paradas nuevas	600.000 €	800.000 €	1.600.000 €	1.400.000 €	1.600.000 €	1.600.000 €
Coste por estructura	0 €	0 €	2.000.000 €	0 €	2.000.000 €	2.000.000 €
COSTE	3.689.360 €	6.055.960 €	13.672.160 €	11.020.992 €	12.017.080 €	12.113.680 €

Tabla 7. Resumen de costes por metro de las alternativas planteadas.

De esta forma hemos relacionado la construcción por metro con el coste pudiendo valorar las alternativas económicamente siendo la alternativa más barata la A1 y la más cara la A3.

$A1 < A2 < A4 < A5 < A6 < A3$

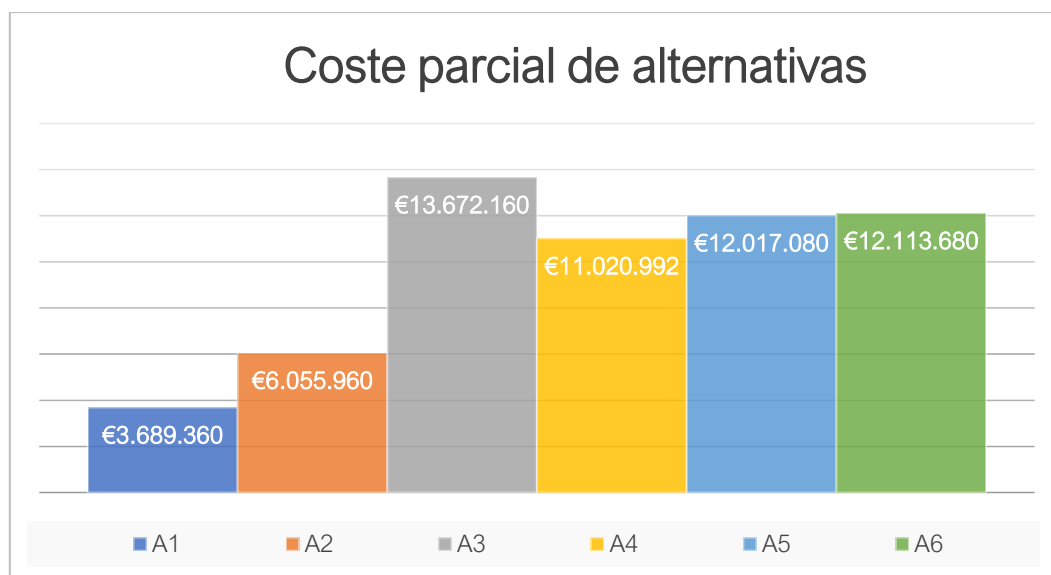


Ilustración 116. Coste parcial de alternativas

Hay numerosos costes de ejecución que no se están contemplando como son las partidas de seguridad y salud, restauración paisajística y limpieza, cocheras y seguimiento medioambiental, así como todos los implicados en el funcionamiento y mantenimiento una vez se ponga en funcionamiento, sin embargo, para realizar una primera aproximación se consideran suficientes. Los costes utilizados son los más significativos y van a servir para realizar una primera comparativa económica entre las alternativas dentro de la evaluación multicriterio que se realizará más adelante.

En cuanto al material móvil, se considera un coste fijo para cada alternativa ya que inicialmente se plantea adquirir dos unidades móviles en todas ellas. Para un correcto funcionamiento del servicio no se recomienda contar con solamente un vehículo ya que en el caso de avería no habría servicio. Con un segundo vehículo además de poder dar mayor servicio a la línea no se quedará parada en caso de avería de uno de ellos.



También es cierto que en los tramos con más kilómetros de tramo se podría añadir más vehículos en función de la demanda de la línea. Esto sería motivo de estudio en profundidad dentro del propio proyecto constructivo.

Dos unidades móviles a razón de 2,8 M€/ unidad supone un desembolso de 5,6 M€ según precio justificado en el apartado 9.

11. EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL

El presente apartado tiene por objeto valorar, desde un punto de vista ambiental, la construcción de una de las alternativas de trazado para tranvía planteadas.

Este análisis pretende analizar los impactos que pudieran producirse sobre el entorno como consecuencia de las obras para la instalación de los elementos de la infraestructura y superestructura, así como los que puedan derivar de su funcionamiento.

Todo proyecto tiene que seguir una serie de normativa de ámbito medioambiental, de carácter general y territorial:

- Ley de Cantabria 17/2006, de 11 de diciembre, de Control Ambiental Integrado [65]
- Decreto 19/2010 de 18 de marzo, por el que se aprueba el reglamento de la Ley de Cantabria 17/2006 de 11 de diciembre de Control Ambiental Integrado [66]
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental [67]
- Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente [68]

Sin embargo, en este apartado no se pretende hacer una evaluación de impacto ambiental en su plena extensión, sino que se definirán los posibles daños más significativos causados en el entorno provocados por la construcción del sistema tranviario.

De esta forma, se pueden evaluar los siguientes aspectos:

- Emplazamiento: El área de construcción planteado para los trazados de tranvía discurren por terrenos urbanos y portuarios. Se ha consultado en [53] las zonas protegidas de Cantabria y las zonas de paso de las alternativas de trazado no son áreas protegidas. Se encuentra en detalle en el Anexo III, conservación de la naturaleza.

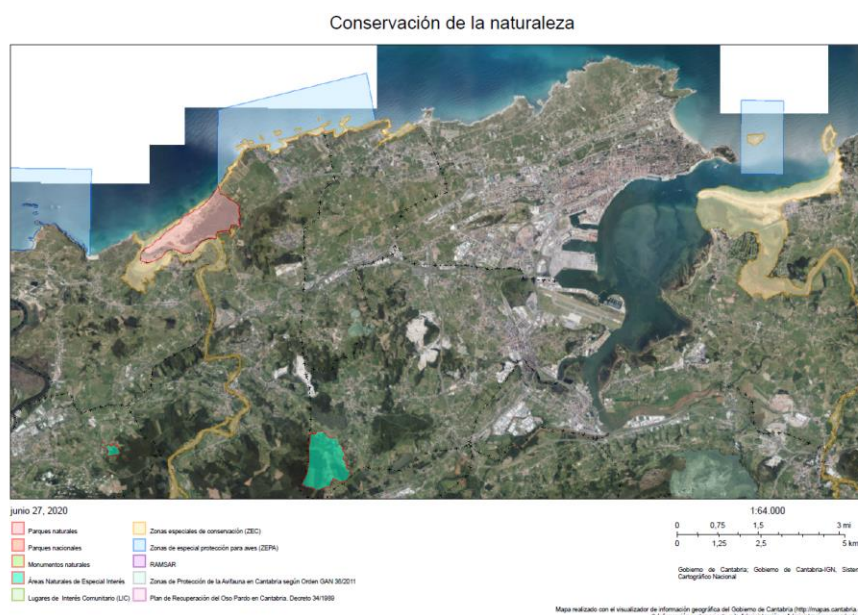


Ilustración 117. Mapa de conservación de la naturaleza [7]

- Suelos: Los daños provocados en la geología del terreno será proporcional a la magnitud de la construcción de la infraestructura. Así se puede concluir que la alternativa de trazado con un recorrido mayor tendrá un consiguiente impacto en el suelo que una alternativa con un menor recorrido. En particular, se contemplan los trabajos previos de preparación del terreno y desbroce, el uso de espacios para acopio de materiales y el tránsito de maquinaria. Cabe mencionar también en este apartado que las alternativas de trazado son completamente exteriores, en superficie, no se prevé ejecución de túneles o pasos bajo tierra que implicarían un mayor impacto sobre el terreno. También se deberá tener especial cuidado en el tratamiento de residuos sólidos y líquidos que puedan traspasar sustancias contaminantes al terreno.
- Calidad del aire: Pese a que el tranvía es un transporte sostenible, no todas las actuaciones son eficientes ambientalmente. En particular, la construcción de la línea provoca la emisión de Gases de Efecto Invernadero con el consiguiente aumento de concentración de sustancias contaminantes en el aire debido a toda la maquinaria empleada en los trabajos; según el análisis de impacto ambiental [69], las emisiones de CO₂ durante la fase de construcción de un tramo de tranvía en superficie de 3.200 metros son de 183 T CO₂ con lo que obtenemos un valor de 0,057 T CO₂ por metro construido, valor que podemos extrapolarlo a nuestras alternativas.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Longitud (m)	3358	5713	10948	10457,6	9149	9254
T CO ₂	191,41	325,64	624,04	596,08	521,49	527,48

Tabla 8. Relación de longitudes y toneladas de CO₂ emitidas durante la construcción de cada alternativa.

Ordenando las alternativas de mayor a menor contaminación del aire en fase de construcción tenemos: A3>A4>A6>A5>A2>A1

La alternativa menos contaminante durante la fase de construcción sería la más corta, A1, y la más contaminante la alternativa 3.

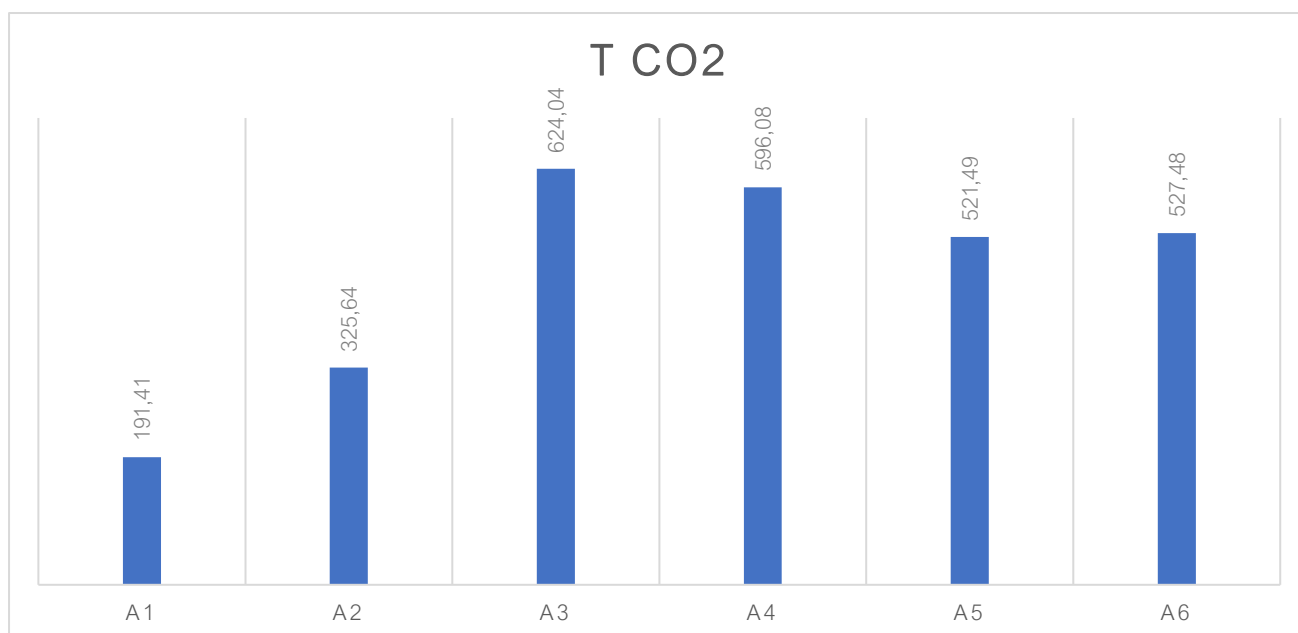


Ilustración 118. Gráfico de barras sobre las toneladas de CO₂ emitidas durante la construcción de cada alternativa.

Durante la fase de funcionamiento la calidad del aire no sufrirá impacto por parte del tranvía debido a su carácter sostenible.

- Calidad acústica: Como en el apartado anterior, durante la fase de construcción aumentará el nivel de ruido debido a los trabajos de demolición del firme y construcción de la vía. La propia maquinaria y vehículos también aportarán ruido, desde el punto de vista ambiental negativo. Durante la fase de utilización del tranvía se prevé que el ruido provocado por su funcionamiento sea mínimo, así como las vibraciones sobre la vía.
- Flora y Fauna: Hay que tener especial atención en el cuidado de especies protegidas tanto de flora como de fauna para evitar su destrucción o realizar el menor impacto posible sobre ellas. Afortunadamente, según [53] no se encuentra ninguna especie protegida en las zonas de paso de las diferentes propuestas de alternativas de trazado. Se encuentra en detalle dentro del Anexo III.
- Medio social y cultural: Durante la fase de construcción se producirán obstaculizaciones al tráfico o peatones en determinados tramos del trazado. Esto supondrá un impacto social que será recuperado una vez sea puesto en funcionamiento el tranvía.

12. PROPUESTA DE INTEGRACIÓN EN EL ENTORNO

Algunos aspectos que hay que estudiar en la implantación de un tranvía para una buena integración en el entorno son la emisión de ruido y vibraciones y la intrusión visual que produce la infraestructura, especialmente por la catenaria.



En cuanto a la emisión de ruido y vibraciones, una buena concepción de la infraestructura permite conseguir unos niveles totalmente aceptables, especialmente con vehículos de suspensión neumática.

Respecto a la intrusión visual, si bien la infraestructura tranviaria es habitual en centros históricos europeos, en ciudades donde se ha perdido la costumbre de ver este tipo de sistemas como es la ciudad de Santander puede sorprender y disgustar, inicialmente, a los ciudadanos, aunque ya existen sistemas que utilizan tomas de corriente directamente de la plataforma o incluso están provistos de baterías recargables y no necesitan hilo de contacto durante largos recorridos.

La implantación de un tranvía en Santander conlleva un cambio paisajístico del entorno que hay que prever para ejecutarlo simultáneamente a las obras de este. Se puede aprovechar la excavación del firme actual para instalar elementos inteligentes para el tráfico o crear zonas verdes en los tramos donde se permita.

Tomando como ejemplo tranvías de otras ciudades se puede observar que muchas han optado por cubrir partes de su tramo con césped verde, o como lo han llamado en el tranvía de Zaragoza *'alfombra verde'*. En su apuesta medioambiental, a lo largo de la Línea 1, el Tranvía de Zaragoza ha instalado en distintos tramos de la plataforma una *'alfombra verde'* de césped natural, cuya extensión total es de 42.000 m². De variedad Bermuda, la idónea para climas secos como el de Zaragoza, su riego se produce por un sistema de goteo. También se plantaron 1076 árboles con la colaboración de situación por el Departamento de Parques y Jardines del Ayuntamiento.

Para la ciudad de Santander se propone también instalar zonas de césped donde los tramos lo permitan para hacerla todavía una ciudad más verde y no solo sosteniblemente hablando. Este césped será de otra tipología dado que nos encontramos en un clima más lluvioso.

En los tramos en los que se comparta espacio con el tráfico el tipo de plataforma de carril embebido elegido estará perfectamente integrado en la carretera y para hacer más cómodos los tramos donde coexistan mayor cantidad de vehículos y peatones se aporta, siguiendo en línea de la transformación tecnológica, una de las propuestas con vistas de futuro aprovechando los últimos avances como es el paso de peatones inteligente desarrollado con las últimas tecnologías de inteligencia artificial y machine learning por la empresa inglesa Umbrellium. Consiste en una trama de LEDs conectada a un sistema de procesamiento de datos neural alimentado por dos cámaras. Un paso de cebra virtual capaz de cambiar de tamaño, diseño y colores dependiendo del entorno, puede aparecer o activarse en determinadas horas del día en las que no haya mucho tránsito para dar agilidad al tráfico de vehículos.

Su funcionamiento es posible gracias a la disciplina llamada estigmergia que fue enunciada por Pierre-Paul Grassé, un biólogo francés, tras estudiar el comportamiento de hormigas y termitas en los años 50. La idea que planteaba Grassé es que existían sistemas descentralizados en los que un agente podía dejar indicios o estigmas a los otros y que la suma de estos indicios podía encauzar conductas colectivas. Por ejemplo, el típico sendero por el que transitan hileras de hormigas que se dirigen hacia algún alimento. Esta ruta está marcada por feromonas que se van evaporando progresivamente a menos que otras hormigas lo refuercen.

Así, la estigmergia, a través de los llamados algoritmos ACO (Ant Colony Optimization u Optimización de colonia de Hormigas) ha terminado aplicándose en la resolución de problemas como el *problema del viajante* (la manera más corta de recorrer los nodos de un circuito dado pasando una sola vez por todos ellos).



Ilustración 119. Prototipo Starling Crossing en el sur de Londres [70]

El primer prototipo del paso de peatones interactivo llamado “Starling Crossing” se instaló en el sur de Londres en 2017. Fue diseñado para soportar el peso de los vehículos, permanecer antideslizante durante lluvias abundantes y mostrar marcas lo suficientemente brillantes como para ser vistos durante el día.

En momentos del día en los que muchas personas necesiten cruzar la calle al mismo tiempo, Starling Crossing, se expande automáticamente en ancho para abarcar ese tráfico peatonal e incluso hacerse trapezoidal si alguno de los viandantes ejecuta una marcha diagonal.

También manifiesta alerta si una persona se distrae por ejemplo mirando su teléfono y se desvía demasiado cerca de la superficie de la carretera cuando hay automóviles cerca, se enciende un patrón de advertencia a su alrededor para llenar su campo de visión.



Ilustración 120. Zona de emergencia [70]



El Plan del ayuntamiento Santander Smart City persigue la sostenibilidad ambiental, económica y mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. Para ello, a través de la innovación y las posibilidades permitidas por el desarrollo tecnológico existente, pretenden

aplicarlas a la generación de mejoras en los servicios para continuar en la transformación de Santander en ciudad inteligente.



Ilustración 121. Logo de Santander Smart City [71]

13. CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Una vez realizado el análisis individual de cada una de las alternativas conviene compararlas entre sí con el fin de obtener una opción seleccionada. La elección de la alternativa idónea entre todas las propuestas se hará siguiendo el método de evaluación multicriterio. Para ello, se escogerán unos criterios y se aplicarán a cada uno la preferencia o ponderación según el método de matriz de comparación por pares o Saaty que se recoge en el libro [72]

Los criterios de evaluación que se van a contemplar en las alternativas propuestas engloban fundamentalmente cuatro aspectos:

- X1: Funcional

El criterio funcional tiene relación con la calidad del servicio, como carácter principal se considerará la accesibilidad de la línea. Cuanto mayor sea el número de paradas mejor servicio a la comunidad dará.

- X2: Económico

El segundo criterio, económico, tiene relación con los costes de construcción relacionados con el trazado además de las superestructuras necesarias. Teniendo en cuenta unos costes de operación constantes, se tendrán en cuenta los principales y más significativos costes por construcción de vía, instalación de marquesinas de parada y pasarela si hiciera falta en su trayecto.

- X3: Territorial

El criterio territorial se relaciona con los servicios afectados o expropiaciones. En particular, se centrará en si es necesaria la cesión de terrenos en dominio portuario y aeroportuario.

- X4: Ambiental

El criterio ambiental contempla el impacto que produce la imposición del tranvía en su entorno; aire, paisaje, flora, fauna y geología.

14. EVALUACIÓN MULTICRITERIO

14.1. MÉTODO

Para realizar la evaluación multicriterio se va a emplear el método de Thomas L. Saaty [73], muy utilizado por todo tipo de empresas desde principios de los años 80. Según el método Saaty, se utilizará el Método Jerárquico para Asignación de Pesos, que tiene como propósito determinar los pesos o coeficientes (C_i) con los que intervienen un grupo de variables independientes (X_i), nuestros criterios o alternativas en función de la fase, con la finalidad de obtener el valor de una variable dependiente ($Y=C_1*X_1+C_2*X_2+C_3*X_3...+C_n*X_n$)

Variables	X1	X2	...	Xn
X1	1	I1/I2	...	I1/In
X2	I2/I1	1	...	I2/In
...	1	...
Xn	In/I1	In/I2	...	1

Tabla 9. Procedimiento para calificar cada par de variables por Saaty [72]

Criterios	Valores numéricos
Igual importancia al comparar dos variables	1
Moderada importancia de una variable sobre otra	3
Fuerte importancia de una variable sobre otra	5
Muy fuerte importancia de una variable sobre otra	7
Extrema importancia de una variable sobre otra	9
Valores de comparación intermedios	2, 4, 6, 8

Tabla 10. Criterios de comparación y valores numéricos propuestos por Saaty [72]

Una vez hemos puntuado con valores numéricos la importancia de las variables sobre las demás, comparándolas por pares, se calculan los autovectores (W_i) y los pesos parciales (P_i):

$$W1 = (1 * I1/I2 * I1/I3 * ... I1/In)^{1/n}$$

$$W2 = (I2/I1 * 1 * I2/I3 * ... I2/In)^{1/n}$$

$$... Wn = (In/I1 * In/I2 * ... 1)^{1/n}$$

$$W = W1 + W2 + W3 + ... Wn$$

$$P1 = 1 + I2/I1 + ... In/I1$$

$$P1 = 1 + I1/I2 + ... In/I2$$

$$... P1 = 1 + I1/In + I2/In ... + 1$$

Se normalizan los autovectores a 1:

$$\begin{aligned} C1 &= W1/W \\ C2 &= W2/W \\ \dots Cn &= Wn/W \end{aligned}$$

En este punto se forma una matriz donde los autovectores normalizados serán los pesos de las variables que formar parte de la ecuación de la variable dependiente Y.

Variables	X1	X2	...	Xn	Wi	Ci
X1	1	I1/I2	...	I1/In	W1	C1
X2	I2/I1	1	...	I2/In	W2	C2
...	1
Xn	In/I1	In/I2	...	1	Wn	Cn
	P1	P2	...	Pn	W	

Tabla 11. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty [72]

En este punto conviene evaluar la consistencia de la matriz por lo que se debe calcular los λ_i que vienen dados por:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= C1 * P1 \\ \lambda_2 &= C2 * P2 \\ \dots \lambda_n &= Cn * Pn \end{aligned}$$

Para determinar la consistencia de la matriz, debemos calcular $\lambda_{\max} = \sum \lambda_i$, y si el valor se aproxima al número de variables independientes (n) la matriz es consistente. A continuación, se puede calcular el Índice de Consistencia (CI), que determina la desviación del vector λ_{\max} respecto a n, y el Índice de Consistencia Aleatorio (RCI) de la siguiente forma:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad RCI = \frac{1,98 * (n - 2)}{n}$$

Obteniendo la relación de consistencia como $CR = CI/RCI$, mientras menor sea la relación de consistencia, más consistentes son los criterios de valoración dados inicialmente. Si CR es mayor que 0,10 los criterios son inconsistentes.



Tabla 12. Esquema de criterios y alternativas para la selección de la mejor alternativa.

14.2. PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS

Así para nuestro caso particular, tenemos tres criterios, esta es la matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos propuesta por Saaty:

	X1	X2	X3	X4	W_i	C_i	λ_i
X1	1,00	5,00	6,00	4,00	3,31	0,60	0,97
X2	0,20	1,00	2,00	1,00	0,80	0,14	1,08
X3	0,17	0,50	1,00	0,20	0,36	0,07	0,91
X4	0,25	1,00	5,00	1,00	1,06	0,19	1,19
							λ_{max}
P_i	1,62	7,50	14,00	6,20	5,52		4,15

Tabla 13. Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos propuesta por Saaty. Criterios de valoración de alternativas.

		PESOS	
X1	Funcional	0,60	C1
X2	Económico	0,14	C2
X3	Territorial	0,07	C3
X4	Ambiental	0,19	C4
		1,00	

Tabla 14. Relación de pesos de cada variable

Con estos datos procedemos a comprobar la relación de consistencia. Con las expresiones anteriormente mencionadas calculamos un Índice de Consistencia (CI) igual a 0,04916, un Índice de Consistencia Aleatorio (RCI) igual a 0,99 consiguiendo una Relación de Consistencia (CR) de 0,0497, menor que 0,10 por lo tanto los criterios son consistentes.

De lo resultados obtenidos se puede concluir en que el criterio más importante sería el funcional, el servicio que daría el tranvía al ciudadano. Los criterios económico y ambiental tienen un valor muy aproximado y en último lugar queda el criterio territorial.

14.3. PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

A continuación, vamos a calcular los pesos de cada alternativa de trazado dentro de cada criterio, con lo que pasamos a tener seis criterios:

- V1: (A1) Estaciones – Nueva Montaña
- V2: (A2) Estaciones – Aeropuerto
- V3: (A3) Estaciones – Nueva Montaña – Raos- Aeropuerto
- V4: (A4) Estaciones – Puerto – Raos – Aeropuerto
- V5: (A5) Estaciones – Castilla – Nueva Montaña – Raos – Aeropuerto
- V6: (A6) Estaciones – Hermida – Nueva Montaña – Raos – Aeropuerto



14.3.1. PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN EL CRITERIO FUNCIONAL

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	W_i	C_i	λ_i
V1	1,00	1,00	0,20	0,33	0,20	0,20	0,37	0,05	0,96
V2	1,00	1,00	0,20	0,33	0,20	0,20	0,37	0,05	0,96
V3	5,00	5,00	1,00	3,00	0,20	1,00	2,05	0,27	0,99
V4	3,00	3,03	0,33	1,00	1,00	0,33	0,83	0,11	1,15
V5	5,00	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00	2,05	0,27	0,99
V6	5,00	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00	2,05	0,27	0,99
									λ_{max}
P_i	20,00	20,03	3,73	10,66	3,73	3,73	7,74		6,05

Tabla 15. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty. Criterio funcional

		PESOS	
V1	A1: 5 paradas	0,05	C4
V2	A2: 5 paradas	0,05	C5
V3	A3: 10 paradas	0,27	C6
V4	A4: 8 paradas	0,11	C7
V5	A5: 10 paradas	0,27	C8
V6	A5: 10 paradas	0,27	C9
		1,00	

Tabla 16. Relación de pesos de cada alternativa según el criterio funcional.

Con estos datos pasamos a comprobar la relación de consistencia. Con las expresiones anteriormente mencionadas calculamos un Índice de Consistencia (CI) igual a 0,0091659, un Índice de Consistencia Aleatorio (RCI) igual a 1,32 consiguiendo una Relación de Consistencia (CR) de 0,0069, menor que 0,10 por lo tanto los criterios son consistentes.

14.3.2. PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN EL CRITERIO ECONÓMICO

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	W_i	C_i	λ_i
V1	1,00	3,00	7,00	5,00	6,00	6,00	3,95	0,45	0,90
V2	0,33	1,00	6,00	4,00	5,00	5,00	2,42	0,27	1,32
V3	0,14	0,17	1,00	0,50	0,33	0,33	0,33	0,04	0,83
V4	0,20	5,00	2,00	1,00	3,00	3,00	0,98	0,11	1,24
V5	0,17	0,20	3,00	0,50	1,00	2,00	0,64	0,07	1,14
V6	0,17	0,20	3,00	0,50	1,00	1,00	0,51	0,06	0,99
									λ_{max}
P_i	2,01	4,82	22,00	11,17	15,83	17,33	8,82		6,43

Tabla 17. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty. Criterio económico

		PESOS	
V1	A1: 3.689.630 €	0,45	C10
V2	A2: 6.055.960 €	0,27	C11
V3	A3: 13.672.160 €	0,04	C12
V4	A4: 11.020.992 €	0,11	C13



V5	A5: 12.017.080 €	0,07	C14
V6	A5: 12.113.680 €	0,06	C15
		1,00	

Tabla 18. Relación de pesos de cada alternativa según el criterio económico.

Con estos datos pasamos a comprobar la relación de Consistencia. Con las expresiones anteriormente mencionadas calculamos un Índice de consistencia (CI) igual a 0,0851592, un Índice de Consistencia Aleatorio (RCI) igual a 1,32 consiguiendo una Relación de Consistencia (CR) de 0,0645, menor que 0,10 por lo tanto los criterios son consistentes.

14.3.3. PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN EL CRITERIO TERRITORIAL

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	W_i	C_i	λ_i
V1	1,00	9,00	2,00	9,00	2,00	2,00	2,94	0,33	0,89
V2	0,11	1,00	0,11	1,00	0,11	0,11	0,23	0,03	0,98
V3	0,50	9,00	1,00	9,00	1,00	1,00	1,85	0,21	1,08
V4	0,11	1,00	0,11	1,00	0,11	0,11	0,23	0,03	0,98
V5	0,50	9,00	1,00	9,00	1,00	1,00	1,85	0,21	1,08
V6	0,50	9,00	1,00	9,00	1,00	1,00	1,85	0,21	1,08
									λ_{max}
P_i	2,72	38,00	5,22	38,00	5,22	5,22	8,96		6,09

Tabla 19. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty. Criterio territorial.

		PESOS	
V1	A1: No-no	0,33	C16
V2	A2: Sí	0,03	C17
V3	A3: No	0,21	C18
V4	A4: Sí	0,03	C19
V5	A3: No	0,21	C20
V6	A5: No	0,21	C21
		1,00	

Tabla 20. Relación de pesos de cada alternativa según el criterio territorial.

Con estos datos pasamos a comprobar la relación de consistencia. Con las expresiones anteriormente mencionadas calculamos un Índice de consistencia (CI) igual a 0,01842, un Índice de Consistencia Aleatorio (RCI) igual a 1,32 consiguiendo una Relación de Consistencia (CR) de 0,014, menor que 0,10 por lo tanto los criterios son consistentes.

14.3.4. PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SEGÚN EL CRITERIO AMBIENTAL

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	W_i	C_i	λ_i
V1	1,00	4,00	7,00	6,00	5,00	5,00	4,02	0,46	0,89
V2	0,25	1,00	6,00	5,00	4,00	4,00	2,22	0,25	1,48



V3	0,14	0,17	1,00	3,00	0,20	0,20	0,26	0,03	0,80
V4	0,17	0,20	3,00	1,00	0,50	0,50	0,54	0,06	1,00
V5	0,20	0,25	5,00	2,00	1,00	1,00	0,89	0,10	1,18
V6	0,20	0,25	5,00	2,00	1,00	1,00	0,89	0,10	1,18
λ_{\max}									
P _i	1,96	5,87	27,00	16,33	11,70	11,70	8,82		6,53

Tabla 20. Matriz del método jerárquico para asignación de pesos propuesta por Saaty. Criterio ambiental.

		PESOS	
V1	A1: 191,41 T CO ₂	0,46	C22
V2	A2: 325,64 T CO ₂	0,25	C23
V3	A3: 624,04 T CO ₂	0,03	C24
V4	A4: 596,08 T CO ₂	0,06	C25
V5	A5: 521,49 T CO ₂	0,10	C26
V6	A6: 527,48 T CO ₂	0,10	C27
		1,00	

Tabla 21. Relación de pesos de cada alternativa según el criterio ambiental.

Con estos datos pasamos a comprobar la relación de consistencia. Con las expresiones anteriormente mencionadas calculamos un Índice de consistencia (CI) igual a 0,1066, un Índice de Consistencia Aleatorio (RCI) igual a 1,32 consiguiendo una Relación de Consistencia (CR) de 0,0808, menor que 0,10 por lo tanto los criterios son consistentes.

14.4. PONDERACIÓN FINAL DE CADA ALTERNATIVA

El siguiente paso es reunir todos los pesos de cada alternativa y de cada criterio, (C1...C27) en la siguiente matriz, que multiplicando el peso de cada criterio calculado en el primer cálculo de todos (C1...C3) por los pesos parciales (C4...C27) y sumándolos se obtendrá la alternativa con mayor puntuación según la evaluación efectuada.

	X1	X2	X3	X4	PESO DE CADA ALTERNATIVA
V1. Alternativa 1	0,05	0,45	0,33	0,46	0,2035
V2. Alternativa 2	0,05	0,27	0,03	0,25	0,1174
V3. Alternativa 3	0,27	0,04	0,21	0,03	0,188
V4. Alternativa 4	0,11	0,11	0,03	0,06	0,0949
V5. Alternativa 5	0,27	0,07	0,21	0,10	0,2055
V6. Alternativa 6	0,27	0,06	0,21	0,10	0,2041
					suma
PESO DE CADA CRITERIO	0,6	0,14	0,07	0,19	1,00

Tabla 21. Tabla final con ponderaciones parciales y final de la evaluación multicriterio.

Como conclusión, la puntuación más alta recae en la opción V5, alternativa 5 de los trazados planteados, con una puntuación de 20,55 sobre 100, aunque con poca diferencia sobre la opción V6, alternativa 6, que tiene una puntuación de 20,41 sobre 100. Les sigue la alternativa 1 con una puntuación de 20,35 sobre 100 y por último las alternativas 2 y 3 con puntuaciones de 11,74 y 9,49 puntos sobre 100 respectivamente.

En orden de mayor a menor puntuación: A5>A6>A1>A3>A2>A4

Finalmente, y tras esta evaluación realizada, se puede comprobar que la alternativa más ventajosa es la número 5, que se encuentra en el puesto número 4 de las más costosas como se vio en el apartado 10. En la ponderación según el criterio económico realizada en el apartado 9.3.2. la alternativa 5 quedó precisamente en ese puesto, y a la hora de juntar los criterios funcional, territorial y ambiental, desbancan en cierto modo la importancia económica frente a estas.

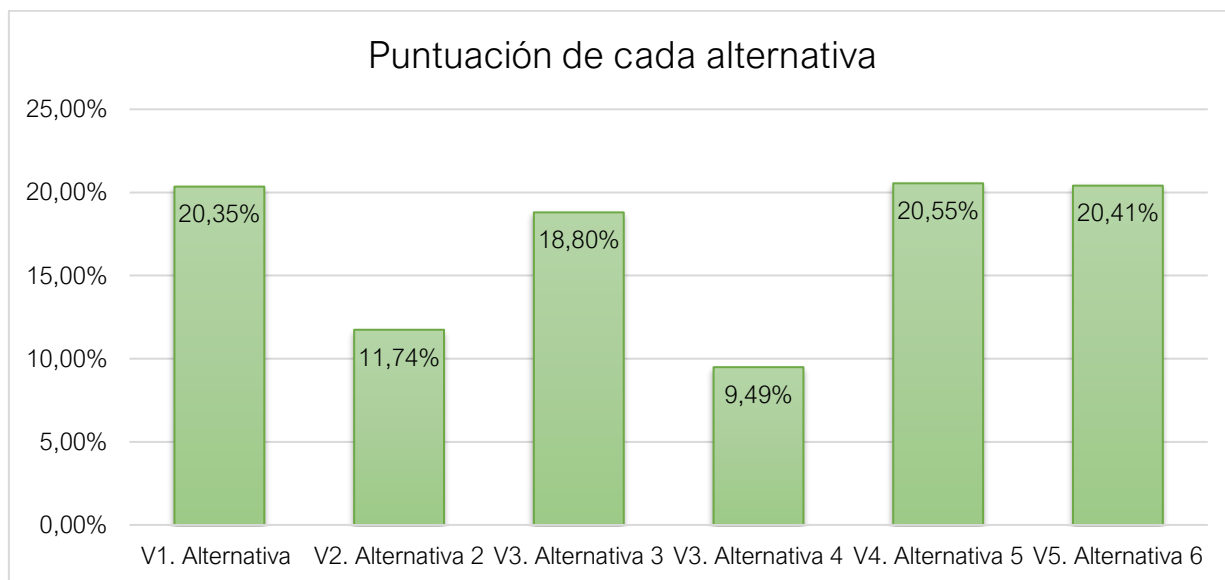


Ilustración 122. Gráfico de puntuaciones finales de cada alternativa

Relacionando los resultados obtenidos con la gráfica de costes parciales por alternativa del apartado 10 se puede observar que no necesariamente la alternativa más económica es la más adecuada aunque sí está entre las más valoradas. Habiendo incluido otros factores en la evaluación peso que se otorgó al criterio económico quedó casi equiparado al ambiental, recayendo la mayor parte del total de pesos en los criterios sobre el funcional. El servicio que da el tranvía al ciudadano es una razón de peso para su implantación.

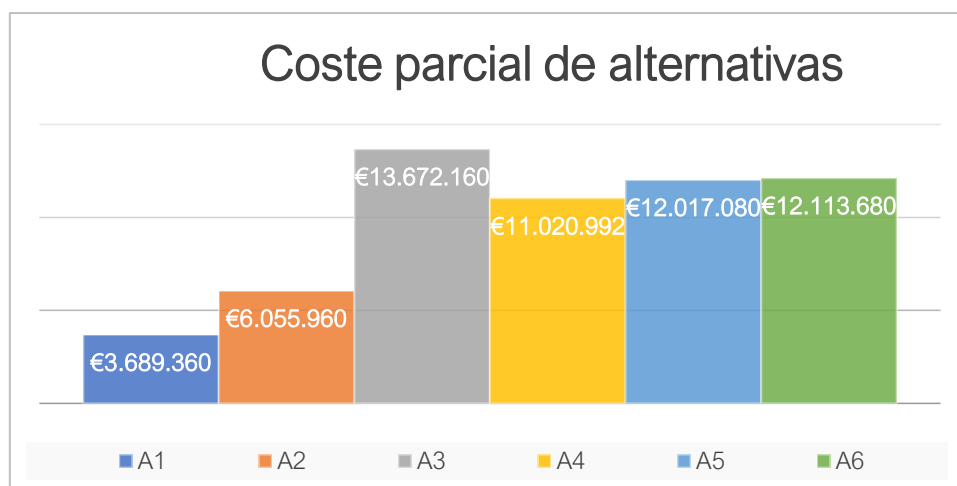


Ilustración 123. Coste parcial de las alternativas

A continuación se muestra la alternativa resultante de la evaluación por el método multicriterio. Alternativa 5.



Ilustración 124. Alternativa 5, alternativa más favorable en la evaluación multicriterio

15. CONCLUSIONES

Como se ha visto en la historia del tranvía de Santander, los tranvías han desempeñado históricamente un papel decisivo en la creación y el desarrollo de espacios urbanos, tanto por sus recorridos como por sus terminales, definiendo los viarios, configurando nuevos barrios o ciudades y promoviendo la aparición de nuevas zonas de actividad económica.

Hoy, casi setenta años más tarde desde que desaparecieron los tranvías en Santander, contamos con una ciudad mucho más desarrollada y estructurada que persigue ser una ciudad modelo dentro de las Smart Cities y que se mantiene a la vanguardia en innovación y movilidad sostenible.

El tranvía se plantea como un nexo entre puntos clave de Santander y sus proximidades que hasta ahora no estaban conectados por medio de transporte urbano. La propuesta de la implantación de un servicio de tranvía que conecte el núcleo urbano con el aeropuerto traerá numerosas ventajas tanto a los propios ciudadanos y trabajadores de la zona como a los turistas que tengan como origen o destino de sus viajes Santander.

Con la construcción del aparcamiento disuasorio de la Marga y el fomento de empleo de transportes sostenibles estamos más cerca de lograr una ciudad limpia con menos contaminación. Dentro de las medidas destinadas a reducir las emisiones del tráfico rodado propuestas por el Gobierno de España [5] es conseguir una reducción de la densidad de



vehículos en las ciudades. Para ello se han elaborado medidas para mejorar la calidad del aire limitando la velocidad máxima de circulación o incluso la limitación al vehículo privado.

Así, cada vez se está apostando más por medios de transporte colectivos sostenibles y que tengan un menor impacto en el medioambiente y en nuestro día a día. El tranvía por su carácter sostenible, accesible y respetuoso con el entorno es un buen ejemplo.

Además, con la consiguiente construcción que el sistema necesitaría, se podría aprovechar la oportunidad para ampliar espacios verdes, modernizar las zonas de paso y el mobiliario urbano e implementar los últimos avances tecnológicos y de seguridad para el ciudadano.

En las propuestas de alternativas de trazado se ha considerado que todas las alternativas tienen un equilibrio del coste operacional constante. Este dato no es real pero se realiza de esta forma para hacer una aproximación inicial. Por ello, no se ha considerado el coste de operación, para tenerlo en cuenta habría que realizar un estudio de demanda en profundidad además de definir el número exacto de vehículos que se emplearían por línea, considerando la velocidad comercial, la frecuencia conveniente a utilizar y la demanda a satisfacer.

El análisis multicriterio se basa en el coste de construcción, únicamente tomando los datos más significativos con el fin de realizar una comparación sencilla entre las alternativas, pero habría que analizar un estudio de costes de explotación y un análisis más preciso y adecuado considerando los trazados planteados y las preferencias de los usuarios trabajadores de la zona de Raos, usuarios del centro comercial, viajeros del aeropuerto, etc). Es necesario también un estudio direccional.

Tras la propuesta de 6 alternativas de trazado y su correspondiente evaluación multicriterio siguiendo los criterios funcionales, económicos, territoriales y ambientales se llega a la conclusión de que la alternativa más adecuada según el método Saaty es la alternativa 5, que conecta la ciudad de Santander desde la Plaza de Estaciones, estación intermodal, con las todas las áreas-objetivo iniciales, (Nueva Montaña, Raos y Parayas). Se trata de un recorrido lineal de ida y vuelta con origen en la estaciones y final en el aeropuerto de Santander – Seve Ballesteros.

De los resultados se ha podido comprobar que, aunque la alternativa 5 no sea la más económica, satisface más área aumentando así la posibilidad de demanda de la línea haciéndola más rentable llegado el momento.

Para concluir, la implantación de este sistema tranviario con todos los elementos ya descritos encaja dentro de los planes recogidos por Ayuntamiento de Santander en relación con movilidad sostenible y reorganización urbana.



16. REFERENCIAS

- [1] T. Refundido, D.E.A. Definitiva, Revision Del Plan General De Ordenacion Urbana Memoria , Programa Y Estudio Economico Financiero, (1997).
- [2] Plan de Movilidad Sostenible | Portal Ayuntamiento Santander, (s. f.). <https://santander.es/content/plan-movilidad-sostenible#>
- [3] Historia de los inventos, (s. f.). <http://historiainventos.blogspot.com/>
- [4] J. Martín, C. Z., Bigas, J.M., & Sastre, Manual de tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada, 2006.
- [5] T. y V.D.G. de T.T. Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras, El Transporte Urbano y Metropolitano en España, 2019. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- [6] Mapas de tráfico | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, (s. f.). <https://www.mitma.es/carreteras/trafico-velocidades-y-accidentes-mapa-estimacion-y-evolucion/mapas-de-trafico>
- [7] N. Villegas Tezanos, Tranvía Santander - Aeropuerto de Parayas, Proy. Fin Carrera Ing. Caminos, Canales y Puertos. (2014) 526.
- [8] Estadísticas - Aeropuertos Españoles - aena.es, (s. f.). <http://www.aena.es/csee/Satellite?pagename=Estadisticas/Home>
- [9] ecomovilidad.net - Transporte público y movilidad urbana sostenible, (s. f.). <https://ecomovilidad.net/>
- [10] UITP. Advancing Public Transport, (s. f.). <https://www.uitp.org/>
- [11] Revisión del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Zaragoza. Ayuntamiento de Zaragoza, (s. f.). <https://www.zaragoza.es/sede/portal/movilidad/plan-movilidad/>
- [12] urbanrail.net > metro - subway - light rail, (s. f.). <http://www.urbanrail.net/>
- [13] Hong Kong Tramways - Ding Ding, (s. f.). <https://www.hktramways.com/>
- [14] Hong Kong - Guía de viajes y turismo Disfruta Hong Kong, (s. f.). <https://www.disfrutahongkong.com/>
- [15] First railless train unveiled in CRRC Zhuzhou_Home_CRRC, (s. f.). <https://www.crrccg.cc/en/g7389/s13996/t286142.aspx>
- [16] (9) World's first «smart train» with virtual tracks launched in Hunan, China - YouTube, (s. f.). <https://www.youtube.com/watch?v=Lqgvk6LWUDk>
- [17] Muni | SFMTA, (s. f.). <https://www.sfmta.com/muni>
- [18] San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA, transit, streets, taxi) | SFMTA, (s. f.). <https://www.sfmta.com/>
- [19] Market Street Railway | We keep San Francisco's Vintage Streetcars on Track, (s. f.). <https://www.streetcar.org/>
- [20] Krakowska Linia Muzealna – O linii, (s. f.). <https://www.muzealna.org/info/pl/o-linii>
- [21] Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne SA de Cracovia, (s. f.).



- <http://www.mpk.krakow.pl/>
- [22] Sofia Tram Map for Free Download | Map of Sofia Tramway Network, (s. f.). <http://www.orangesmile.com/travelguide/sofia/tram-map.htm>
- [23] (No Title), (s. f.). <https://www.gvb.nl/sites/default/files/railkaart2019-2.pdf>
- [24] Tranvías en España - Wikipedia, la enciclopedia libre, (s. f.). https://es.wikipedia.org/wiki/Tranvías_en_España
- [25] Inicio MetroTenerife, (s. f.). <http://metrotenerife.com/>
- [26] :: MEMORIA DE MADRID :::, (s. f.). <http://www.memoriademadrid.es/>
- [27] File:Puerta del Sol 1860 2-550x406.jpg - Wikimedia Commons, (s. f.). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puerta_del_Sol_1860_2-550x406.jpg#/media/Archivo:Puerta_del_Sol_1860_2-550x406.jpg
- [28] Plano metro Madrid 2020, (s. f.). <https://www.planometromadrid.org/>
- [29] Consorcio Regional de Transportes de Madrid, (s. f.). <https://www.crtm.es/>
- [30] Tranvía | Euskotren, (s. f.). <https://www.euskotren.eus/tranvia>
- [31] CAF - Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, (s. f.). <https://www.caf.net/>
- [32] Breve historia de los tranvías de Santander, (s. f.). <http://mundo-ferroviario.es/index.php/historia/19204-breve-historia-de-los-tranvias-de-santander-i>
- [33] J.P. McKay, Tramways and trolleys: The rise of urban mass transport in Europe, 1976.
- [34] C. Gil de Arriba, Tranvías en Santander. Los inicios del transporte urbano, 1846-1923, Tst Transp. Serv. y telecomunicaciones. (2016) 88-119.
- [35] Centro de Documentación de la Imagen de Santander, (s. f.). <http://portal.ayto-santander.es/portalcdis/Index.do>
- [36] Servicio Municipal de Transportes Urbanos de Santander, (s. f.). <http://www.tusantander.es/>
- [37] CANTABRIA Y SANTANDER EN EL RECUERDO | Facebook, (s. f.). <https://www.facebook.com/CANTABRIAYSANTANDERENELRECUERDO>
- [38] ACAF Cantabria | Asociación Cántabra de Amigos del Ferrocarril, (s. f.). <http://www.acafcantabria.es/>
- [39] Google Maps, (s. f.). <https://www.google.es/maps/@43.4690623,-3.7943256,15z>
- [40] Radio Taxi, (s. f.). <http://www.pidetaxicantabria.es/> (accedido 19 de junio de 2020).
- [41] Santander City Brain eco | Santander City Brain eco. Tus ideas suman a, (s. f.). <https://www.santandercitybrain.com/>
- [42] Portal Web del Ayuntamiento de Santander - Compartir Coche, (s. f.). <http://santander.compartir.org/>
- [43] Agencia Europea de Medio Ambiente — Agencia Europea de Medio Ambiente, (s. f.). <https://www.eea.europa.eu/es>



- [44] D.E.L. Espacio, L. Remonta, L. Marga, Propuesta de reordenación del espacio ferroviario en Santander, (s. f.).
- [45] El Gobierno cuestiona dos proyectos estratégicos para el alcalde de Santander | El Diario Montañés, (s. f.).
<https://www.eldiariomontanes.es/v/20111223/cantabria/gobierno-cuestiona-proyectos-estrategicos-20111223.html>
- [46] PLAN ESTRATÉGICO SANTANDER 2010 - 2020, (s. f.).
<http://www.planestrategicosantander.com/>
- [47] Gema Igual Ortiz (@gemaigual) / Twitter, (s. f.). <https://twitter.com/gemaigual>
- [48] Las bicicletas también son para la ciudad, (s. f.).
<http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2020/06JUNIO/0608-Bicis-en-ciudad.shtml#.Xu6XO0UzaUn>
- [49] Habilitado un nuevo carril bici en Reina Victoria que unirá el frente marítimo con el Sardinero, (s. f.). <https://www.ifomo.es/articulo/santander/cantabria-santander-habilita-nuevo-carril-bici-reina-victoria-unira-frente-maritimo-sardinero/20200527112645143011.html>
- [50] Metropie - Turismo de Santander, (s. f.). <https://turismo.santander.es/metropie/>
- [51] Moverse por Santander - Turismo de Santander, (s. f.).
<https://turismo.santander.es/prepara-viaje/moverse-por-santander/>
- [52] Destinos del aeropuerto - Aeropuerto de Seve Ballesteros-Santander - Aena.es, (s. f.). <http://www.aena.es/es/aeropuerto-santander/destinos-aeropuerto.html>
- [53] Mapas Cantabria, (s. f.). <https://mapas.cantabria.es/>
- [54] | Arenas&Asociados, (s. f.).
<http://www.arenasing.com/proyectos/pasarelas/pasarela-de-raos-santander>
- [55] Europa Press Cantabria, 46 empresas optan a construir la pasarela entre Nueva Montaña y Raos, (s. f.). <https://www.europapress.es/cantabria/noticia-46-empresas-optan-construir-pasarela-nueva-montana-raos-20160504141810.html>
- [56] R. Sañudo, I. Carrascal, J. Casado, S. Diego, Slab Track Systems . Different Ways of Choice, (2017). <https://doi.org/10.25084/raileng.2017.0090>.
- [57] edilon)(sedra Corkelast® ERS para Tranvías, Trenes Ligeros y carriles guía - edilon)(sedra, (s. f.). <https://www.edilonsedra.com/es/edilonsedra-ers-para-tranvias-trenes-ligeros-y-carriles-guia/>
- [58] P. Cayetano Espejo, C. Nistal Lastra, Proyecto de nueva construcción de metro ligero Santander - Aeropuerto de Parayas, 2014.
- [59] CAF - Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles S.A., URBOS 100 for the City of Zaragoza Environmental Product Declaration, (2015).
- [60] El tranvía prueba el cambio de sentido de Parlamento - elcorreo.com, (s. f.).
<https://www.elcorreo.com/fotos/alava/201608/31/tranvia-prueba-cambio-sentido-202607483648-mm.html>
- [61] Sistemas ferroviarios CAF Power & Automation, (s. f.).
<https://www.cafpower.com/es/>



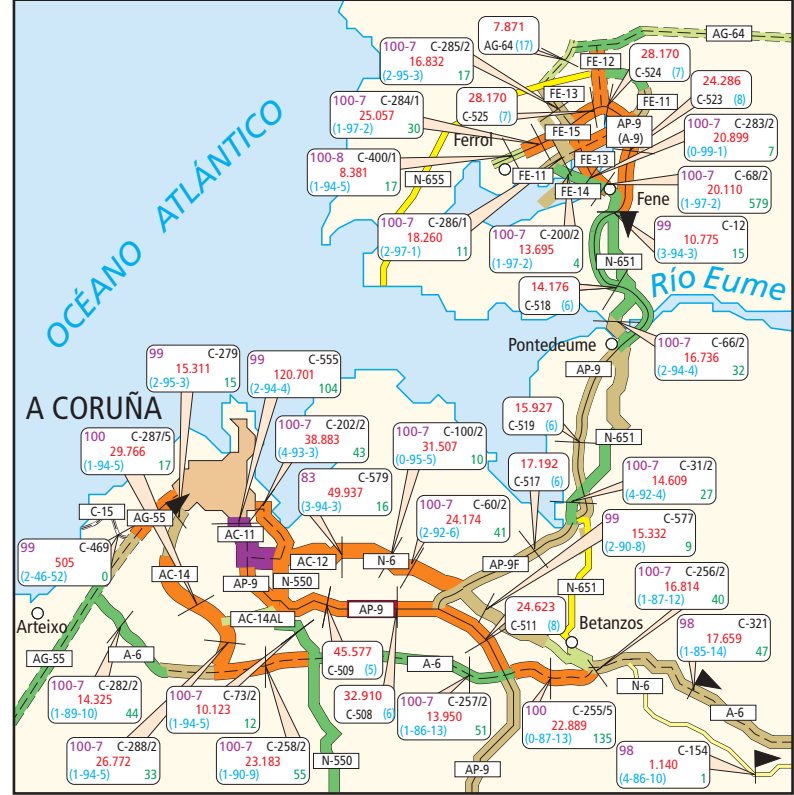
- [62] Tribunal de Cuentas Europeo, Informe de fiscalización del desarrollo, mantenimiento y gestión del tranvía de Zaragoza, Informe nº 1204, (2010) 76.
- [63] Mcrit, BCN Ecología, Factibilidad técnica, económica, financiera y legal de una solución tranviaria aprovechando el actual corredor ferroviario entre Altsasu-Miranda en el territorio histórico de Álava y en el término municipal de Vitoria-Gasteiz, (s. f.).
- [64] Tranvía de Zaragoza, (s. f.). <https://www.tranviasdezaragoza.es/es/>
- [65] C.A. De Cantabria, LEGISLACIÓN CONSOLIDADA Ley 17/2006, de 11 de diciembre, de control ambiental integrado., (2007) 1-48.
- [66] Decreto 19/2010 de 18 de marzo, por el que se aprueba el reglamento de la Ley 17/2006 de 11 de diciembre de Control Ambiental Integrado., (s. f.). http://noticias.juridicas.com/base_datos/CCAA/ct-d19-2010.html
- [67] de 9 de diciembre Art. 5.3, LO 8/2013, Legislación Consolidada. Ley Organica 8/2013 de 9 de Diciembre, Boe. Ley, Para La Mejor. La Calid. Educ. (2013) 1-64. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>.
- [68] Espanya, Ley 27/2006 por la que se regulan los derechos de acceso a la información y participación pública en materia de medio ambiente, Boe. (2006) 27109-27123.
- [69] M. González, G. González Sánchez, A. Hazaña, Análisis del Impacto Ambiental (CO 2) de la implantación de un metro ligero Evironmental Impact Analysis (CO 2) of the implementation of a light rail, (2012). <https://doi.org/10.13140/2.1.3052.7686>.
- [70] Umbrellium, (s. f.). <https://umbrellium.co.uk/>
- [71] Portal Ayuntamiento Santander, (s. f.). <http://santander.es/>
- [72] J.I. Gómez Delgado, M., Barredo Cano, Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio, 2006.
- [73] D.L.A.S. Variables, Metodo saaty-evaluación de variables 1.-, (s. f.).



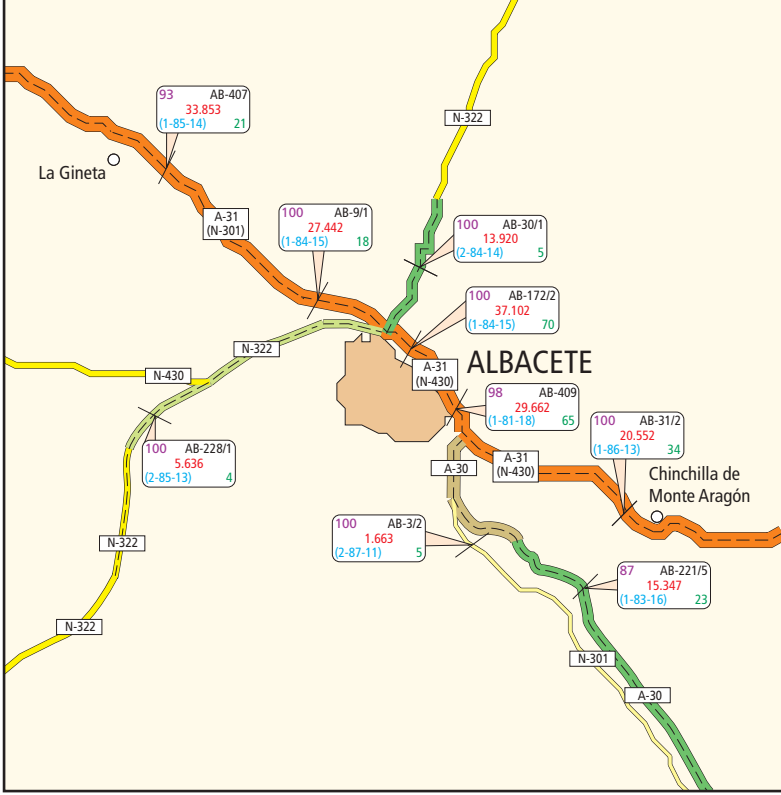
ANEXO I. MAPAS DE TRÁFICO

ANEXO I. MAPA DE TRÁFICO 2018

A Coruña



Albacete



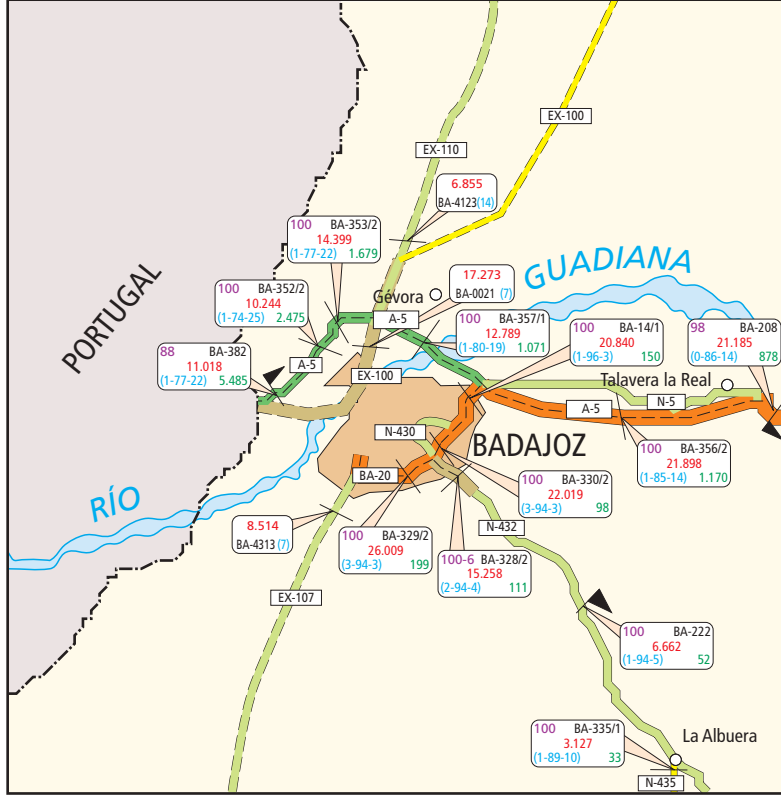
Alicante/Alacant



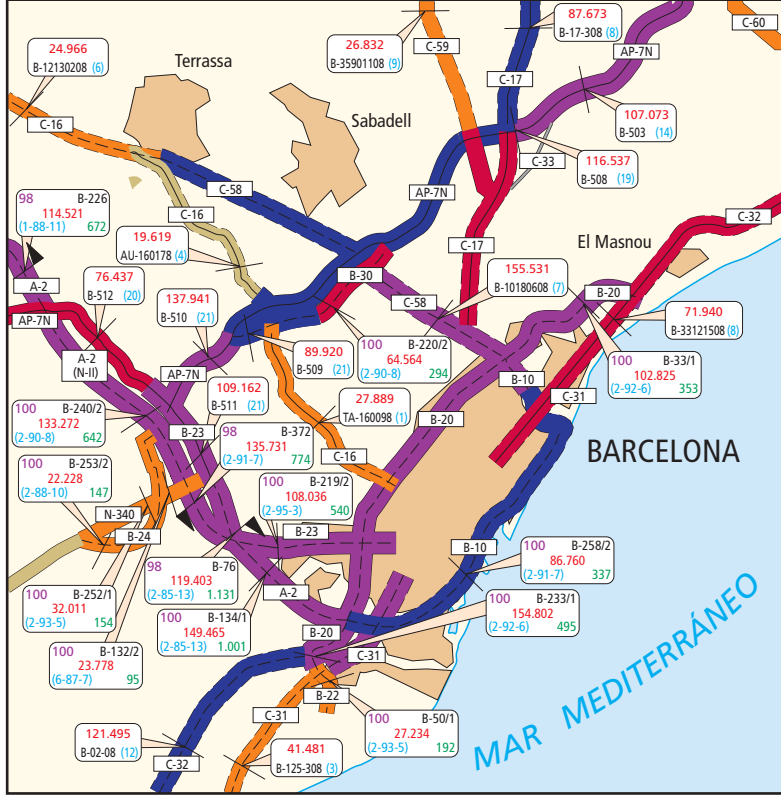
Almería



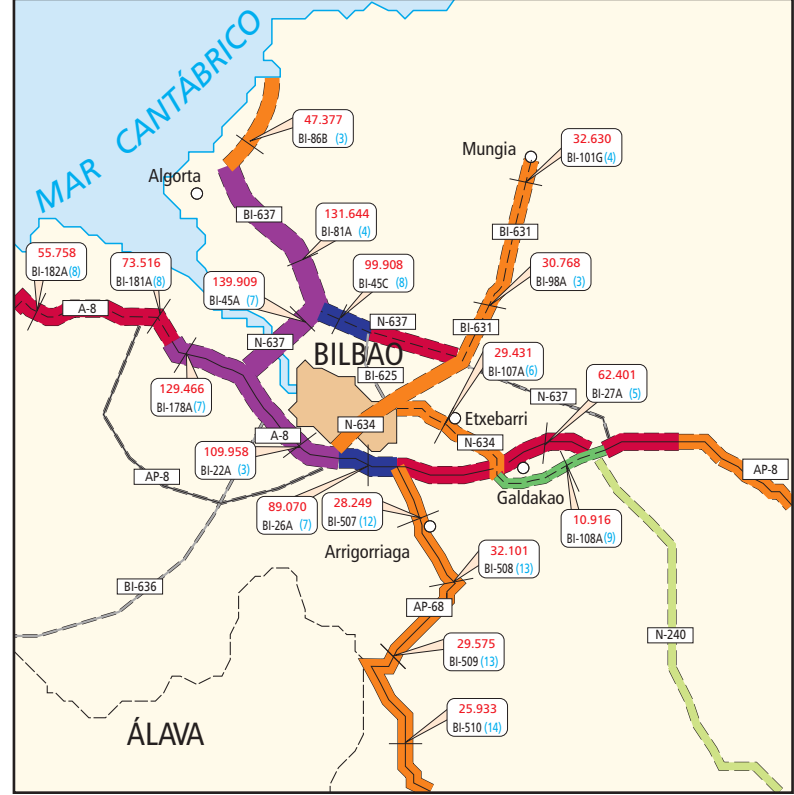
Badajoz



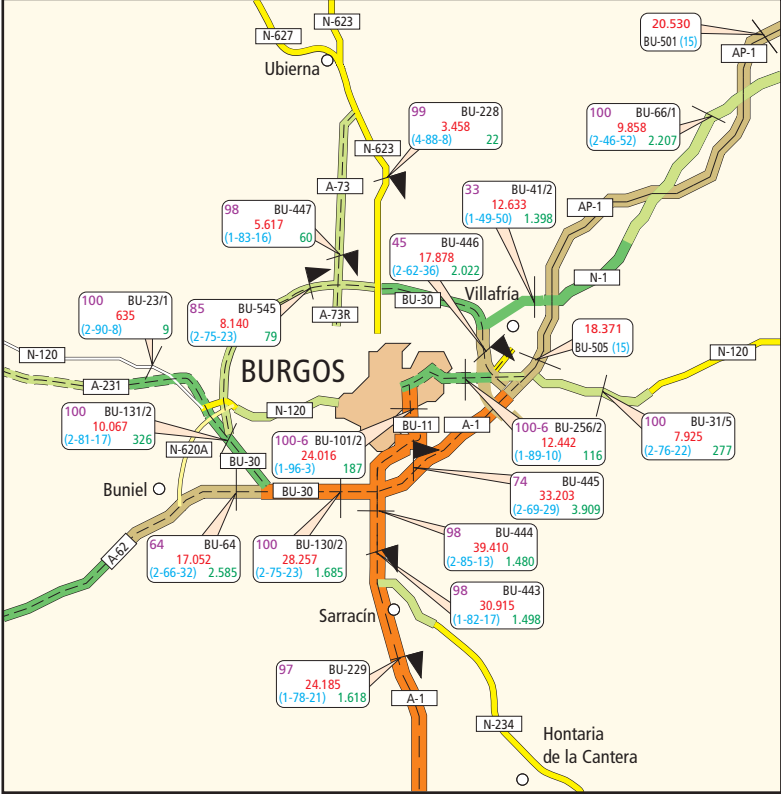
Barcelona (Datos Automónicos año 2016)



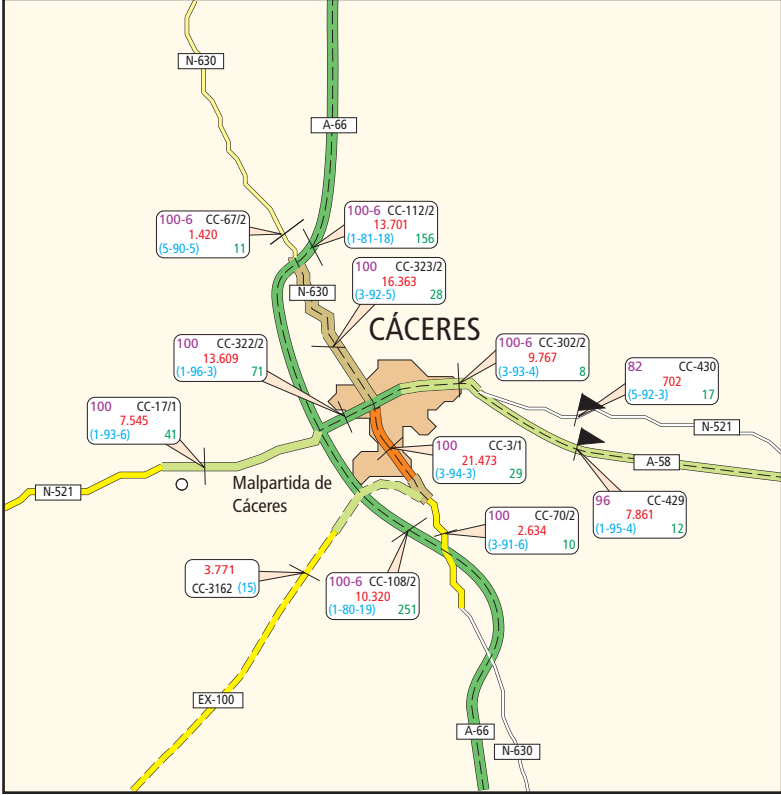
Bilbao



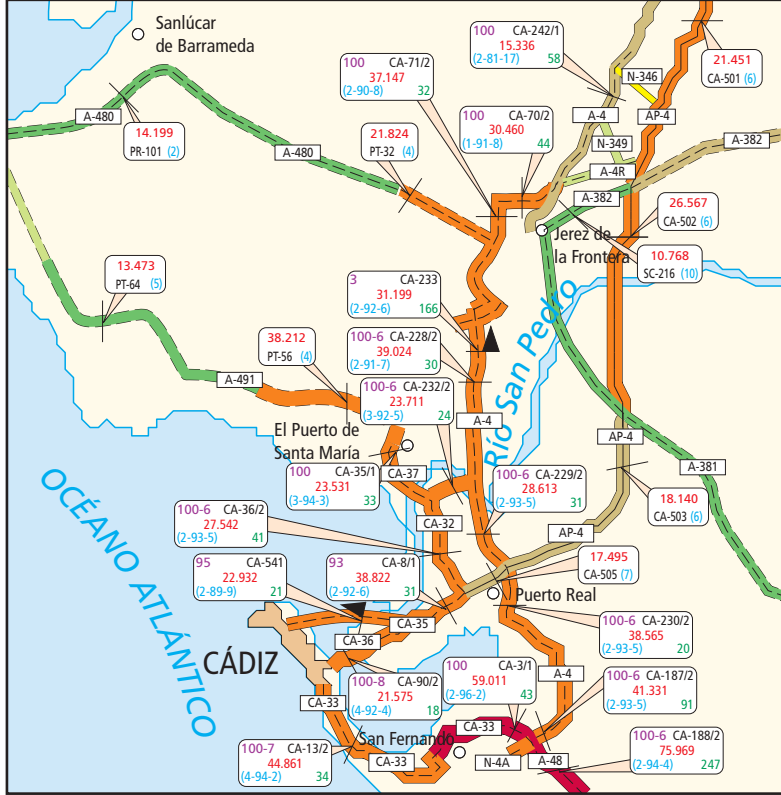
Burgos



Cáceres



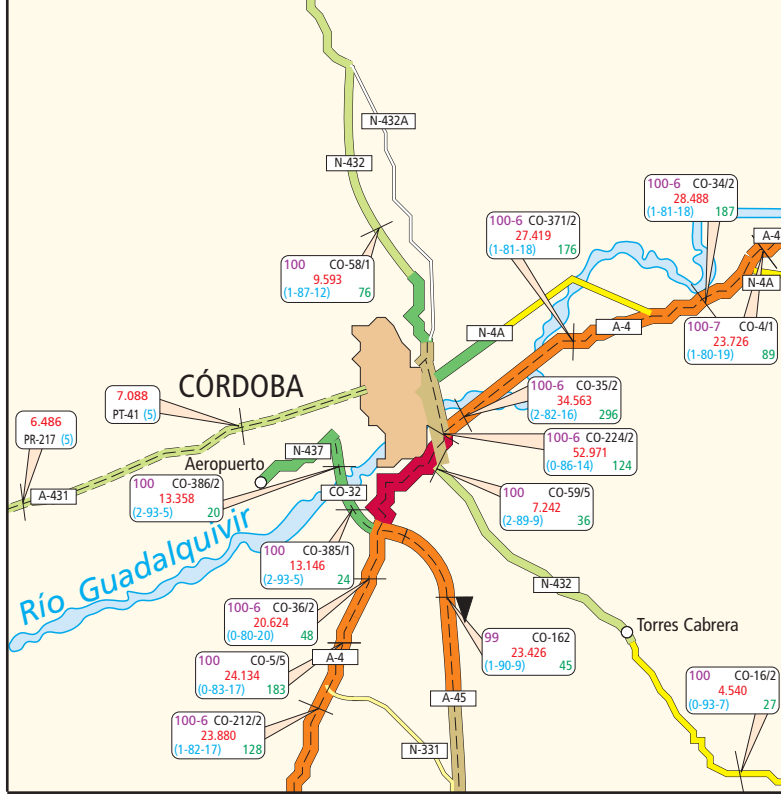
Cádiz



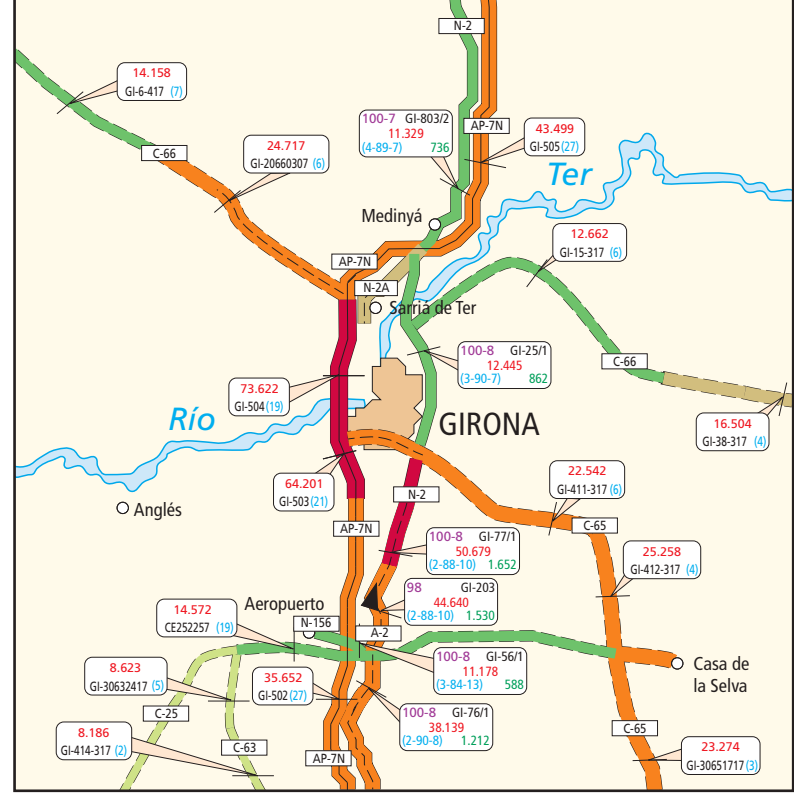
Castellón de la Plana/
Castelló de la Plana



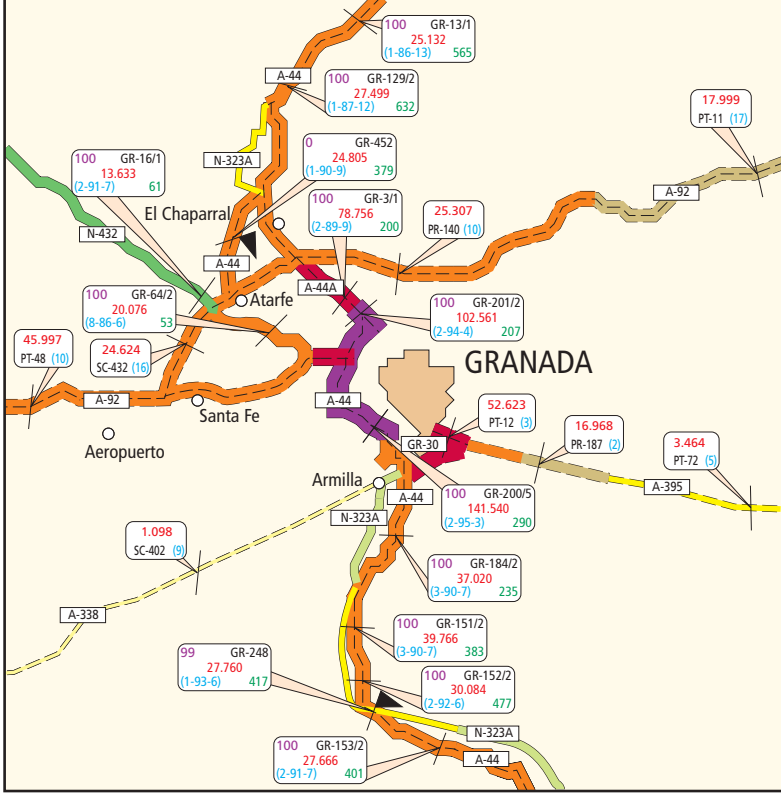
Córdoba



Girona (Datos Automónicos año 2016)



Granada



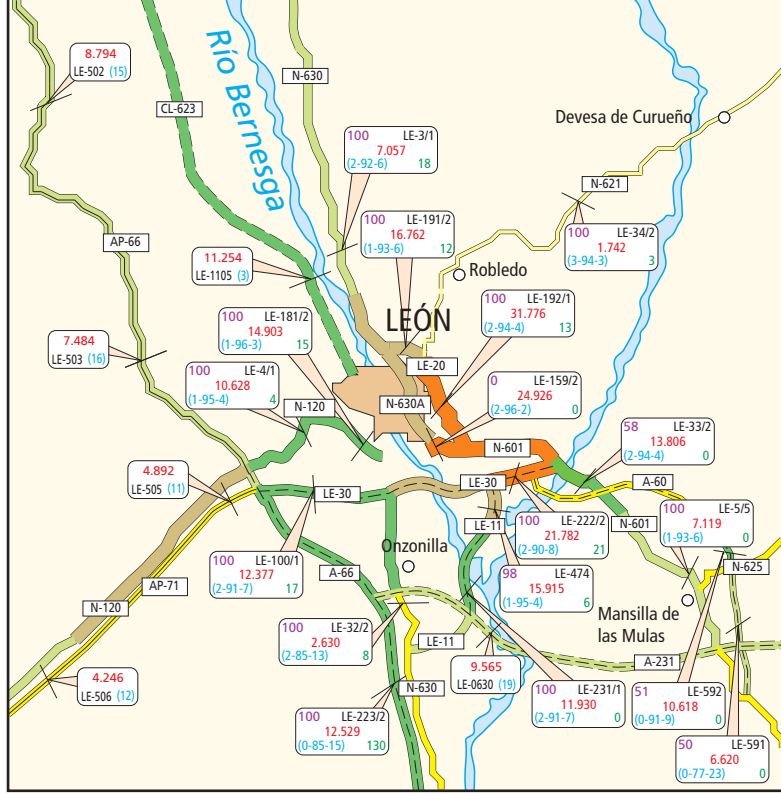
Huelva



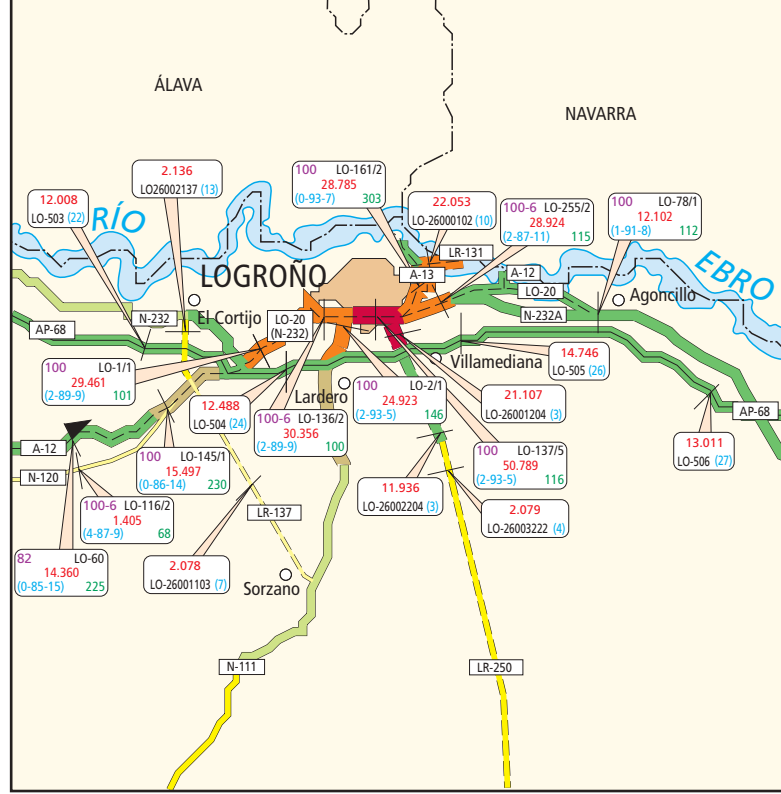
Las Palmas



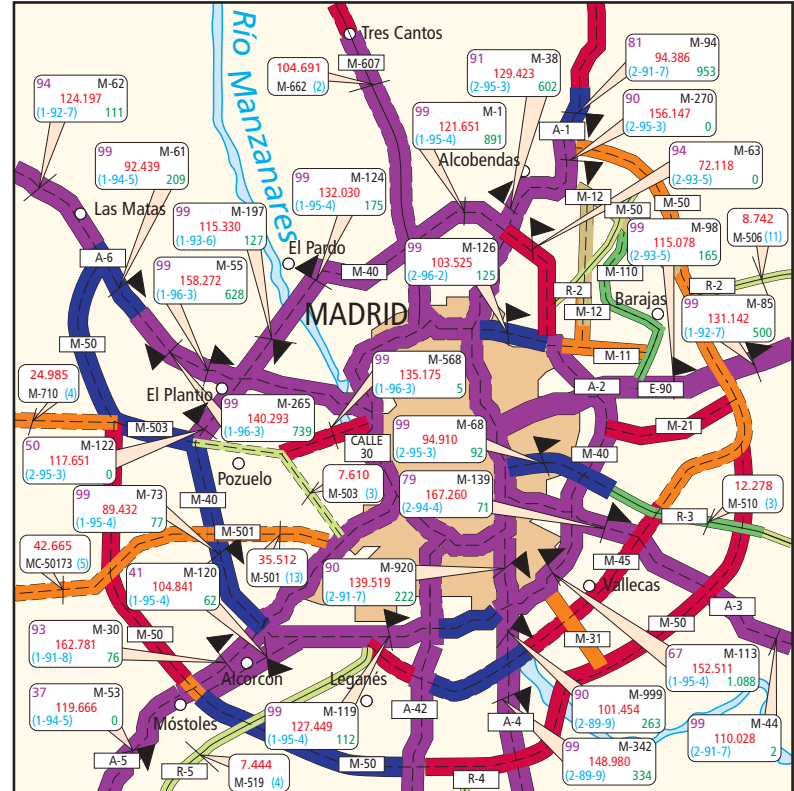
León



Logroño



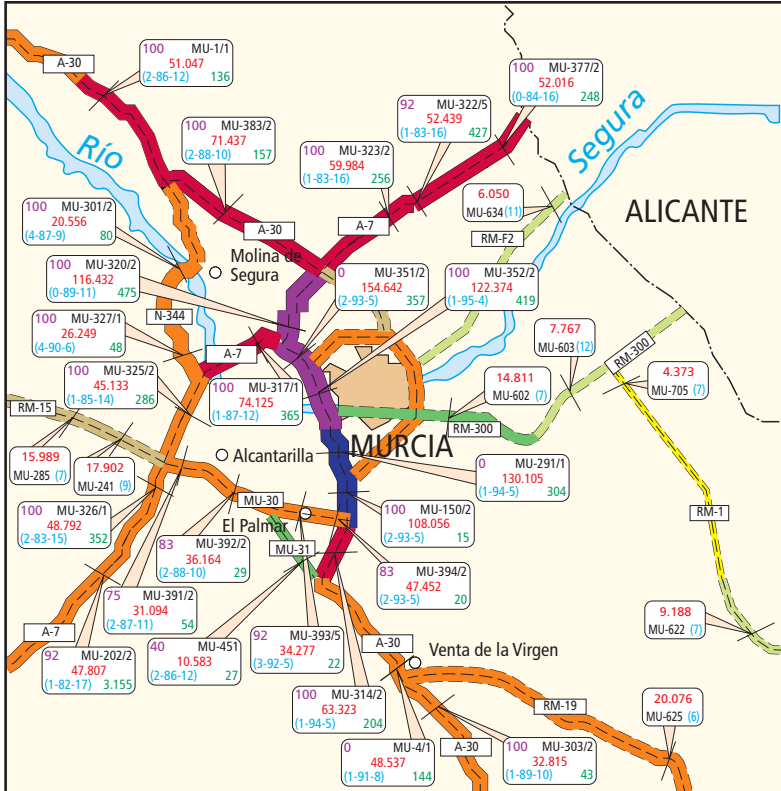
Madrid



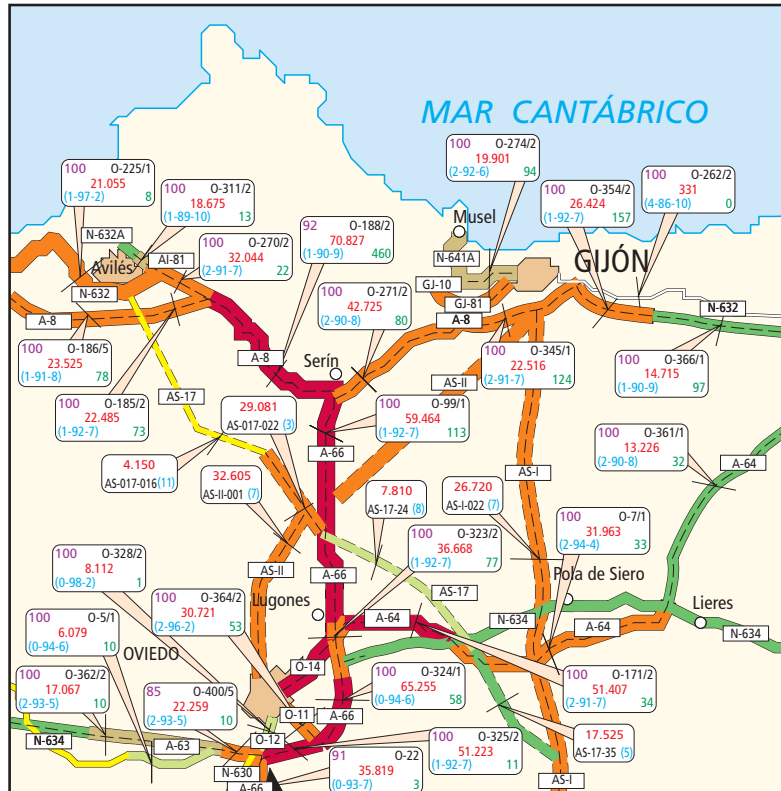
Málaga



Murcia



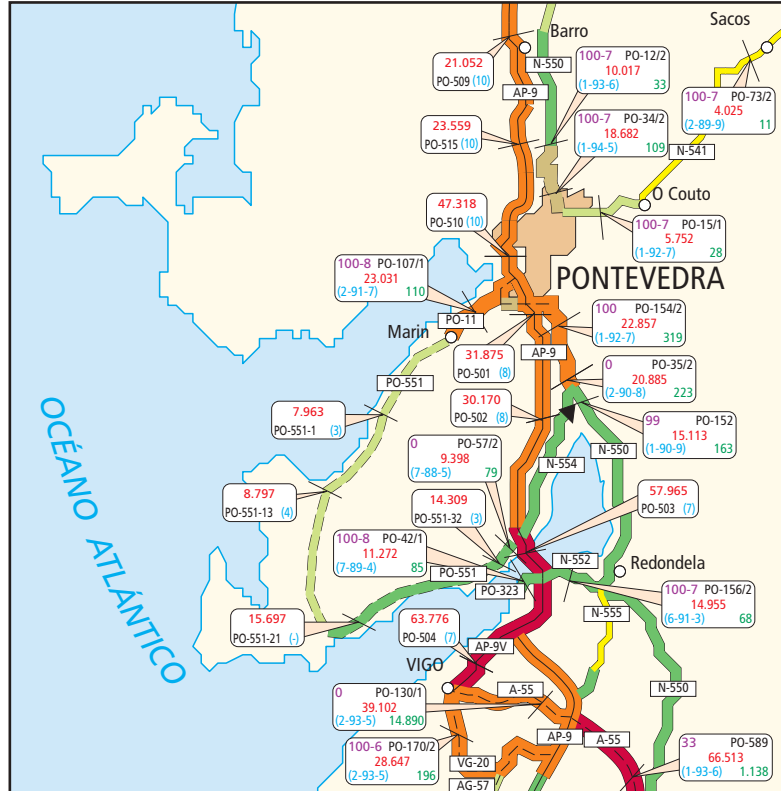
Oviedo



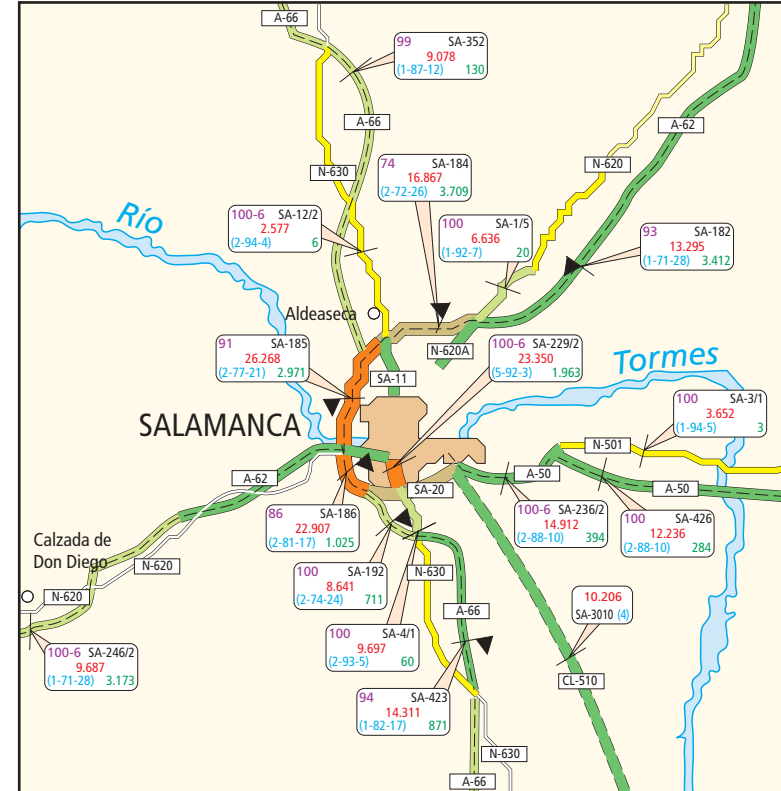
Palma de Mallorca



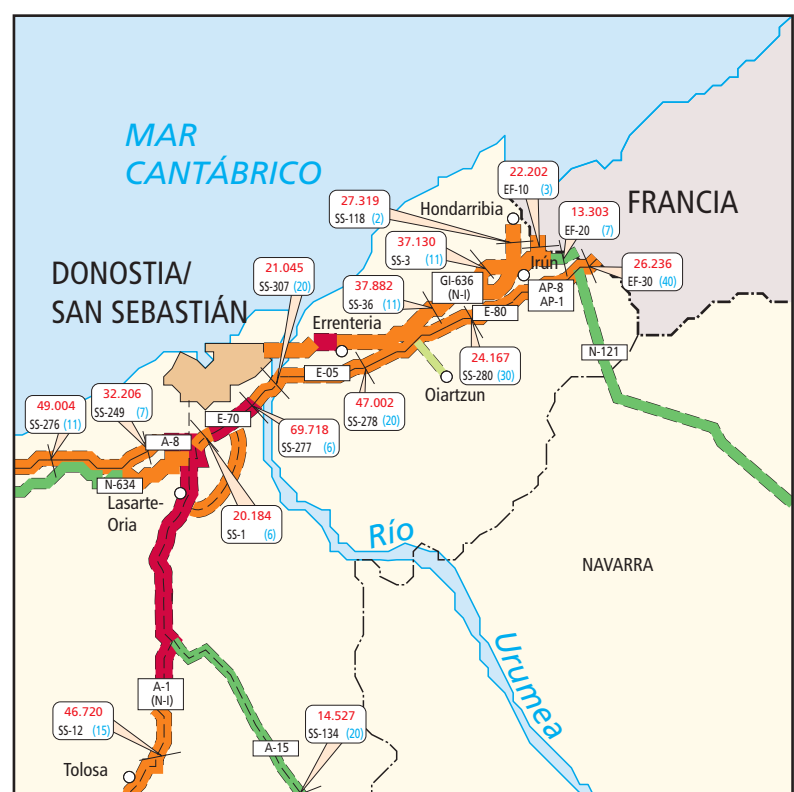
Pontevedra



Salamanca



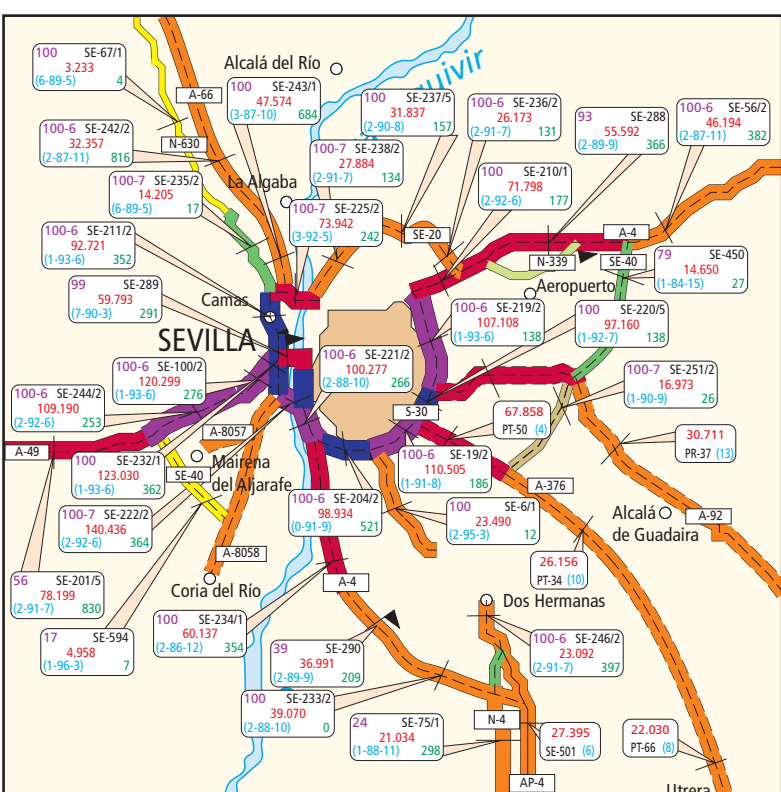
Donostia/San Sebastián



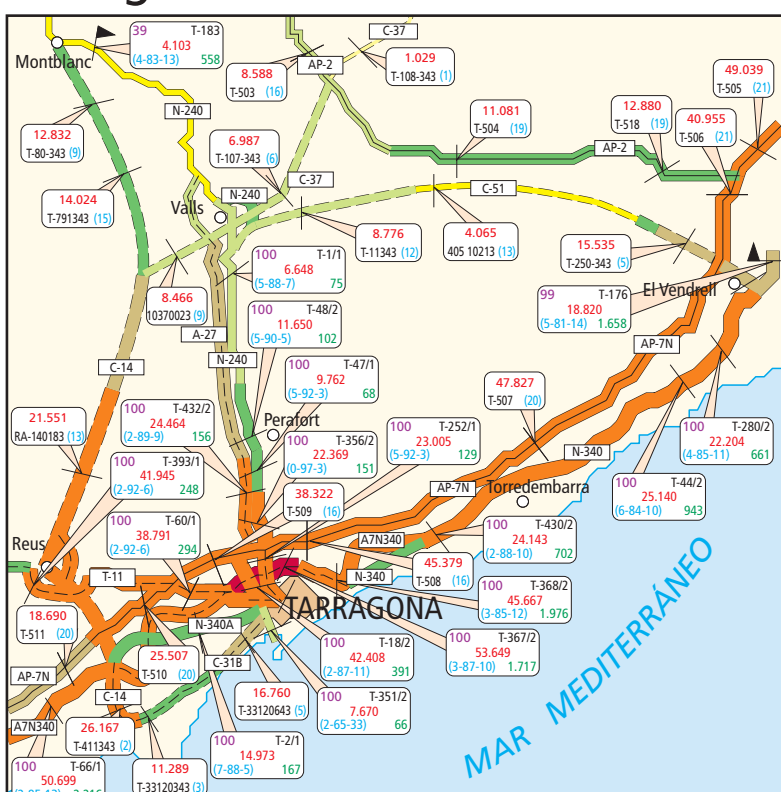
Santander



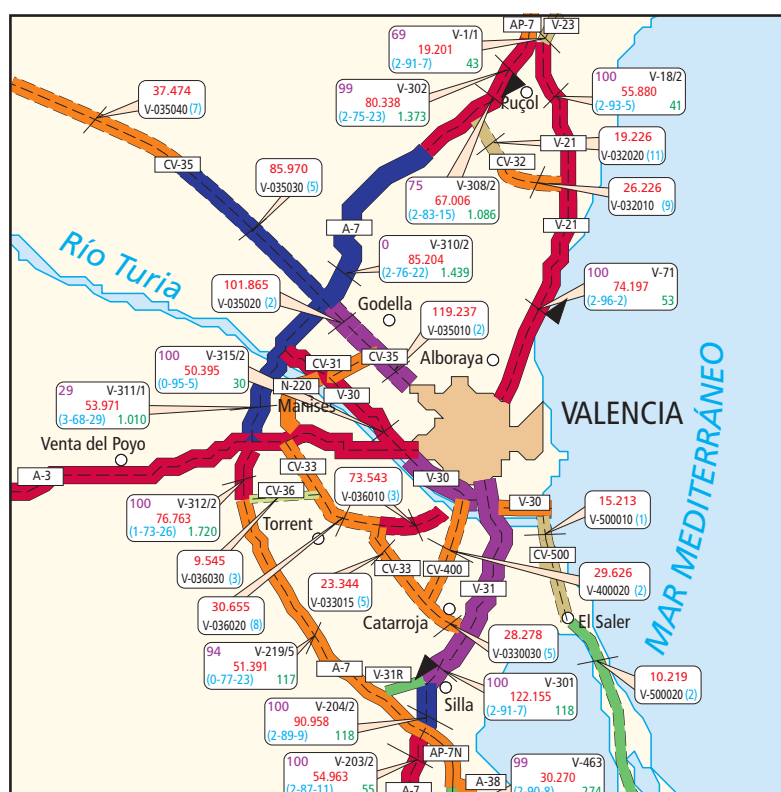
Sevilla



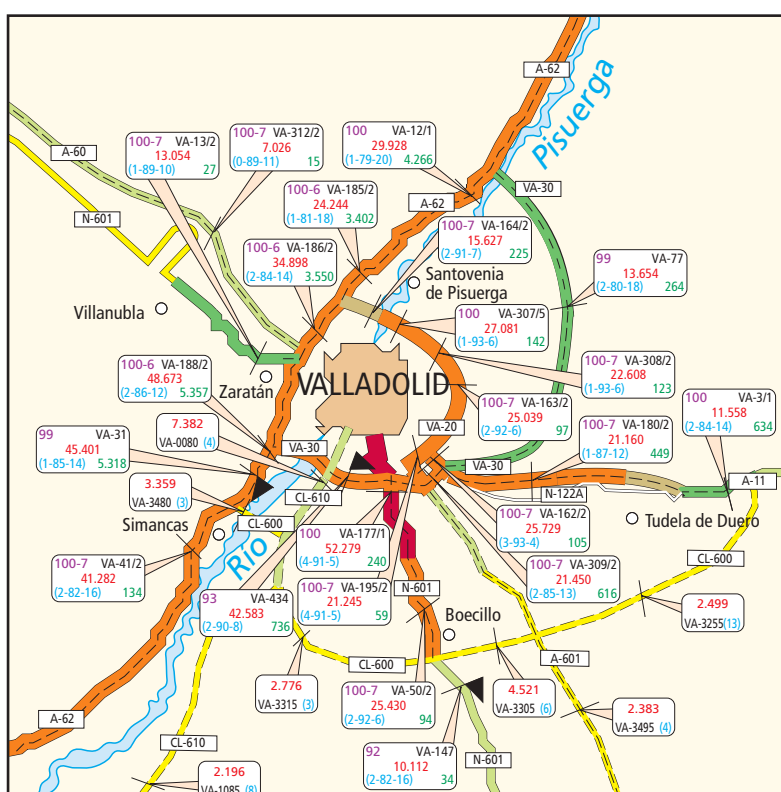
Tarragona (Datos Automónicos año 2016)



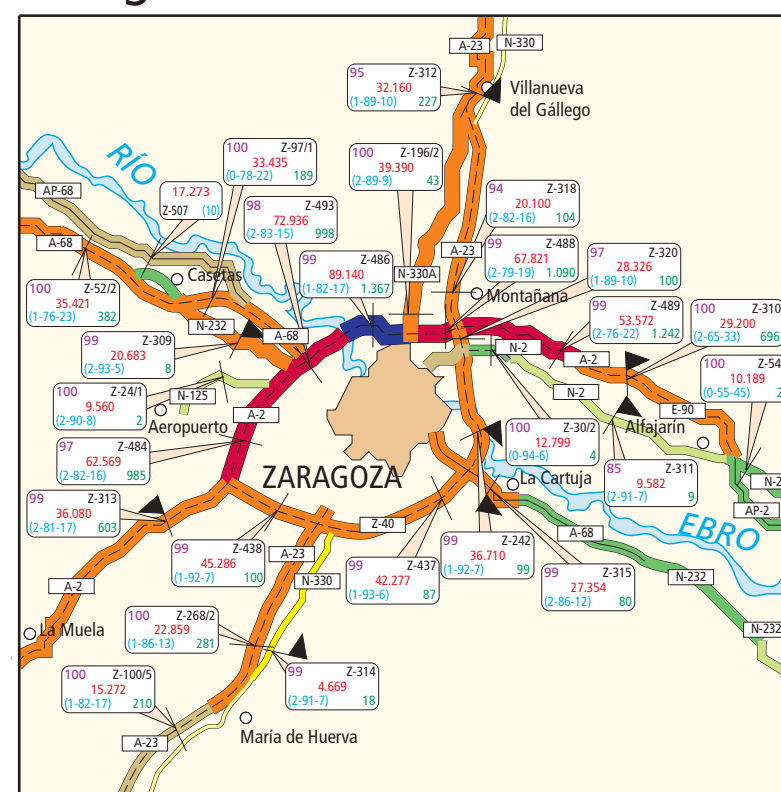
Valencia



Valladolid



Zaragoza



MAPA DE TRÁFICO 2018

Planos de ciudades
RED DE CARRETERAS DEL ESTADO
Y RED AUTONÓMICA PRINCIPAL



TRÁFICO EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO Y RED AUTONÓMICA PRIORITARIA¹⁾. AÑO 2018

LEYENDA

8-106 Estación permanente núm. 226 de la provincia de Barcelona

8-106-9 Estación permanente Córdoba núm. 59

8-1461 Estación primaria Badajoz núm. 146

8-1470 Estación secundaria Cádiz núm. 71

8-1486 Estación unival en Autovías de Peaje

114-121 Intensidad media diaria (I.M.D.) (veh/día)

114-111 Porcentaje de motos, vehículos ligeros, vehículos pesados

412 I.M.D. de vehículos extranjeros (veh/día)

412 Porcentaje de funcionamiento

412 Porcentaje de vehículos pesados en autopistas de peaje

100-6 Estación secundaria que se comporta como primaria

100-7 Estación primaria o secundaria que se comporta como secundario

100-8 Estación primaria o secundaria que se comporta como permanente

SIMBOLOGÍA

Estación de afluencia fija semipermanente, primaria, secundaria o actual en autopistas de peaje

Paso fronterizo

Francia-España

España-Portugal

Núcleo urbano

Capital de provincia

Limitar nacional

Limitar provincial

TITULARIDAD Y TIPO DE VÍA ²⁾

Autovía, Autopista Libre y Autopista

Autopista de peaje

Carretera Convencional

RED DE CARRETERAS AUTONÓMICAS ³⁾

Autovía, Autopista Libre y Autopista

Autopista de peaje

Carretera Convencional

¹⁾ Se ha completado la Red de Carreteras del Estado (26.403 km) con parte de la Red Autonómica Prioritaria construida por las CC.LL. AA.

- Red Nacional (A-18, C-16 antigua C-1411)

- Red básica de las Comunidades con alto grado de transferencia (Baleares, Canarias, País Vasco y Navarra)

- Red de gran capacidad autonómica (A-15, A-63, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19, C-20, C-21, C-22, C-23, C-24, C-25, C-26, C-27, C-28, C-29, C-30, C-31, C-32, C-33, C-34, C-35, C-36, C-37, C-38, C-39, C-40, C-41, C-42, C-43, C-44, C-45, C-46, C-47, C-48, C-49, C-50, C-51, C-52, C-53, C-54, C-55, C-56, C-57, C-58, C-59, C-60, C-61, C-62, C-63, C-64, C-65, C-66, C-67, C-68, C-69, C-70, C-71, C-72, C-73, C-74, C-75, C-76, C-77, C-78, C-79, C-80, C-81, C-82, C-83, C-84, C-85, C-86, C-87, C-88, C-89, C-90, C-91, C-92, C-93, C-94, C-95, C-96, C-97, C-98, C-99, C-100, C-101, C-102, C-103, C-104, C-105, C-106, C-107, C-108, C-109, C-110, C-111, C-112, C-113, C-114, C-115, C-116, C-117, C-118, C-119, C-120, C-121, C-122, C-123, C-124, C-125, C-126, C-127, C-128, C-129, C-130, C-131, C-132, C-133, C-134, C-135, C-136, C-137, C-138, C-139, C-140, C-141, C-142, C-143, C-144, C-145, C-146, C-147, C-148, C-149, C-150, C-151, C-152, C-153, C-154, C-155, C-156, C-157, C-158, C-159, C-160, C-161, C-162, C-163, C-164, C-165, C-166, C-167, C-168, C-169, C-170, C-171, C-172, C-173, C-174, C-175, C-176, C-177, C-178, C-179, C-180, C-181, C-182, C-183, C-184, C-185, C-186, C-187, C-188, C-189, C-190, C-191, C-192, C-193, C-194, C-195, C-196, C-197, C-198, C-199, C-200, C-201, C-202, C-203, C-204, C-205, C-206, C-207, C-208, C-209, C-210, C-211, C-212, C-213, C-214, C-215, C-216, C-217, C-218, C-219, C-220, C-221, C-222, C-223, C-224, C-225, C-226, C-227, C-228, C-229, C-230, C-231, C-232, C-233, C-234, C-235, C-236, C-237, C-238, C-239, C-240, C-241, C-242, C-243, C-244, C-245, C-246, C-247, C-248, C-249, C-250, C-251, C-252, C-253, C-254, C-255, C-256, C-257, C-258, C-259, C-260, C-261, C-262, C-263, C-264, C-265, C-266, C-267, C-268, C-269, C-270, C-271, C-272, C-273, C-274, C-275, C-276, C-277, C-278, C-279, C-280, C-281, C-282, C-283, C-284, C-285, C-286, C-287, C-288, C-289, C-290, C-291, C-292, C-293, C-294, C-295, C-296, C-297, C-298, C-299, C-300, C-301, C-302, C-303, C-304, C-305, C-306, C-307, C-308, C-309, C-310, C-311, C-312, C-313, C-314, C-315, C-316, C-317, C-318, C-319, C-320, C-321, C-322, C-323, C-324, C-325, C-326, C-327, C-328, C-329, C-330, C-331, C-332, C-333, C-334, C-335, C-336, C-337, C-338, C-339, C-340, C-341, C-342, C-343, C-344, C-345, C-346, C-347, C-348, C-349, C-350, C-351, C-352, C-353, C-354, C-355, C-356, C-357, C-358, C-359, C-360, C-361, C-362, C-363, C-364, C-365, C-366, C-367, C-368, C-369, C-370, C-371, C-372, C-373, C-374, C-375, C-376, C-377, C-378, C-379, C-380, C-381, C-382, C-383, C-384, C-385, C-386, C-387, C-388, C-389, C-390, C-391, C-392, C-393, C-394, C-395, C-396, C-397, C-398, C-399, C-400, C-401, C-402, C-403, C-404, C-405, C-406, C-407, C-408, C-409, C-410, C-411, C-412, C-413, C-414, C-415, C-416, C-417, C-418, C-419, C-420, C-421, C-422, C-423, C-424, C-425, C-426, C-427, C-428, C-429, C-430, C-431, C-432, C-433, C-434, C-435, C-436, C-437, C-438, C-439, C-440, C-441, C-442, C-443, C-444, C-445, C-446, C-447, C-448, C-449, C-450, C-451, C-452, C-453, C-454, C-455, C-456, C-457, C-458, C-459, C-460, C-461, C-462, C-463, C-464, C-465, C-466, C-467, C-468, C-469, C-470, C-471, C-472, C-473, C-474, C-475, C-476, C-477, C-478, C-479, C-480, C-481, C-482, C-483, C-484, C-485, C-486, C-487, C-488, C-489, C-490, C-491, C-492, C-493, C-494, C-495, C-496, C-497, C-498, C-499, C-500, C-501, C-502, C-503, C-504, C-505, C-506, C-507, C-508, C-509, C-510, C-511, C-512, C-513, C-514, C-515, C-516, C-517, C-518, C-519, C-520, C-521, C-522, C-523, C-524, C-525, C-526, C-527, C-528, C-529, C-530, C-531, C-532, C-533, C-534, C-535, C-536, C-537, C-538, C-539, C-540, C-541, C-542, C-543, C-544, C-545, C-546, C-547, C-548, C-549, C-550, C-551, C-552, C-553, C-554, C-555, C-556, C-557, C-558, C-559, C-560, C-561, C-562, C-563, C-564, C-565, C-566, C-567, C-568, C-569, C-570, C-571, C-572, C-573, C-574, C-575, C-576, C-577, C-578, C-579, C-580, C-581, C-582, C-583, C-584, C-585, C-586, C-587, C-588, C-589, C-590, C-591, C-592, C-593, C-594, C-595, C-596, C-597, C-598, C-599, C-600, C-601, C-602, C-603, C-604, C-605, C-606, C-607, C-608, C-609, C-610, C-611, C-612, C-613, C-614, C-615, C-616, C-617, C-618, C-619, C-620, C-621, C-622, C-623, C-624, C-625, C-626, C-627, C-628, C-629, C-630, C-631, C-632, C-633, C-634, C-635, C-636, C-637, C-638, C-639, C-640, C-641, C-642, C-643, C-644, C-645, C-646, C-647, C-648, C-649, C-650, C-651, C-652, C-653, C-654, C-655, C-656, C-657, C-658, C-659, C-660, C-661, C-662, C-663, C-664, C-665, C-666, C-667, C-668, C-669, C-670, C-671, C-672, C-673, C-674, C-675, C-676, C-677, C-678, C-679, C-680, C-681, C-682, C-683, C-684, C-685, C-686, C-687, C-688, C-689, C-690, C-691, C-692, C-693, C-694, C-695, C-696, C-697, C-698, C-699, C-700, C-701, C-702, C-703, C-704, C-705, C-706, C-707, C-708, C-709, C-710, C-711, C-712, C-713, C-714, C-715, C-716, C-717, C-718, C-719, C-720, C-721, C-722, C-723, C-724, C-725, C-726, C-727, C-728, C-729, C-730, C-731, C-732, C-733, C-734, C-735, C-736, C-737, C-738, C-739, C-740, C-741, C-742, C-743, C-744, C-745, C-746, C-747, C-748, C-749, C-750, C-751, C-752, C-753, C-754, C-755, C-756, C-757, C-758, C-759, C-760, C-761, C-762, C-763, C-764, C-765, C-766, C-767, C-768, C-769, C-770, C-771, C-772, C-773, C-774, C-775, C-776, C-777, C-778, C-779, C-780, C-781, C-782, C-783, C-784, C-785, C-786, C-787, C-788, C-789, C-790, C-791, C-792, C-793, C-794, C-795, C-796, C-797, C-798, C-799, C-800, C-801, C-802, C-803, C-804, C-805, C-806, C-807, C-808, C-809, C-810, C-811, C-812, C-813, C-814, C-815, C-816, C-817, C-818, C-819, C-820, C-821, C-822, C-823, C-824, C-825, C-826, C-827, C-828, C-829, C-830, C-831, C-832, C-833, C-834, C-835, C-836, C-837, C-838, C-839, C-840, C-841, C-842, C-843, C-844, C-845, C-846, C-847, C-848, C-849, C-850, C-851, C-852, C-853, C-854, C-855, C-856, C-857, C-858, C-859, C-860, C-861, C-862, C-863, C-864, C-865, C-866, C-867, C-868, C-869, C-870, C-871, C-872, C-873, C-874, C-875, C-876, C-877, C-878, C-879, C-880, C-881, C-882, C-883, C-884, C-885, C-886, C-887, C-888, C-889, C-890, C-891, C-892, C-893, C-894, C-895, C-896, C-897, C-898, C-899, C-900, C-901, C-902, C-903, C-904, C-905, C-906, C-907, C-908, C-909, C-910, C-911, C-912, C-913, C-914, C-915, C-916, C-917, C-918, C-919, C-920, C-921, C-922, C-923, C-924, C-925, C-926, C-927, C-928, C-929, C-930, C-931, C-932, C-933, C-934, C-935, C-936, C-937, C-938, C-939, C-940, C-941, C-942, C-943, C-944, C-945, C-946, C-947, C-948, C-949, C-950, C-951, C-952, C-953, C-954, C-955, C-956, C-957, C-958, C-959, C-960, C-961, C-962, C-963, C-964, C-965, C-966, C-967, C-968, C-969, C-970, C-971, C-972, C-973, C-974, C-975, C-976, C-977, C-978, C-979, C-980, C-981, C-982, C-983, C-984, C-985, C-986, C-987, C-988, C-989, C-990, C-991, C-992, C-993, C-994, C-995, C-996, C-997, C-998, C-999, C-1000, C-1001, C-1002, C-1003, C-1004, C-1005, C-1006, C-1007, C-1008, C-1009, C-1010, C-1011, C-1012, C-1013, C-1014, C-1015, C-1016, C-1017, C-1018, C-1019, C-1020, C-1021, C-1022, C-1023, C-1024, C-1025, C-1026, C-1027, C-1028, C-1029, C-1030, C-1031, C-1032, C-1033, C-1034, C-1035, C-1036, C-1037, C-1038, C-1039, C-1040, C-1041, C-1042, C-1043, C-1044, C-1045, C-1046, C-1047, C-1048, C-1049, C-1050, C-1051, C-1052, C-1053, C-1054, C-1055, C-1056, C-1057, C-1058, C-1059, C-1060, C-1061, C-1062, C-1063, C-1064, C-1065, C-1066, C-1067, C-1068, C-1069, C-1070, C-1071, C-1072, C-1073, C-1074, C-1075, C-1076, C-1077, C-1078, C-1079, C-1080, C-1081, C-1082, C-1083, C-1084, C-1085, C-1086, C-1087, C-1088, C-1089, C-1090, C-1091, C-1092, C-1093, C-1094, C-1095, C-1096, C-1097, C-1098, C-1099, C-1100, C-1101, C-1102, C-1103, C-1104, C-1105, C-1106, C-1107, C-1108, C-1109, C-1110, C-1111, C-1112, C-1113, C-1114, C-1115, C-1116, C-1117, C-1118, C-1119, C-1120, C-1121, C-1122, C-1123, C-1124, C-1125, C-1126, C-1127, C-1128, C-1129, C-1130, C-1131, C-1132, C-1133, C-1134, C-1135, C-1136, C-1137, C-1138, C-1139, C-1140, C-1141, C-1142, C-1143, C-1144, C-1145, C-1146, C-1147, C-1148, C-1149, C-1150, C-1151, C-1152, C-1153, C-1154, C-1155, C-1156, C-1157, C-1158, C-1159, C-1160, C-1161, C-1162, C-1163, C-1164, C-1165, C-1166, C-1167, C-1168, C-1169, C-1170, C-1171, C-1172, C-1173, C-1174, C-1175, C-1176, C-1177, C-1178, C-1179, C-1180, C-1181, C-1182, C-1183, C-1184, C-1185, C-1186, C-1187, C-1188, C-1189, C-1190, C-1191, C-1192, C-1193, C-1194, C-1195, C-1196, C-1197, C-1198, C-1199, C-1200, C-1201, C-1202, C-1203, C-1204, C-1205, C-1206, C-1207, C-1208, C-1209, C-1210, C-1211, C-1212, C-1213, C-1214, C-1215, C-1216, C-1217, C-1218, C-1219, C-1220, C-1221, C-1222, C-1223, C-1224, C-1225, C-1226, C-1227, C-1228, C-1229, C-1230, C-1231, C-1232, C-1233, C-1234, C-1235, C-1236, C-1237, C-1238, C-1239, C-1240, C-1241, C-1242, C-1243, C-1244, C-1245, C-1246, C-1247, C-1248, C-1249, C-1250, C-1251, C-1252, C-1253, C-1254, C-1255, C-1256, C-1257, C-1258, C-1259, C-1260, C-1261, C-1262, C-1263, C-1264, C-1265, C-1266, C-1267, C-1268, C-1269, C-1270, C-1271, C-1272, C-1273, C-1274, C-1275, C-1276, C-1277, C-1278, C-1279, C-1280, C-1281, C-1282, C-1283, C-1284, C-1285, C-1286, C-1287, C-1288, C-1289, C-1290, C-1291, C-1292, C-1293, C-1294, C-1295, C-1296, C-1297, C-1298, C-1299, C-1300, C-1301, C-1302, C-1303, C-1304, C-1305, C-1306, C-1307, C-1308, C-1309, C-1310, C-1311, C-1312, C-1313, C-1314, C-1315, C-1316, C-1317, C-1318, C-1319, C-1320, C-1321, C-1322, C-1323, C-1324, C-1325, C-1326, C-1327, C-1328, C-1329, C-1330, C-1331, C-1332, C-1333, C-1334, C-1335, C-1336, C-1337, C-1338, C-1339, C-1340, C-1341, C-1342, C-1343, C-1344, C-1345, C-1346, C-1347, C-1348, C-1349, C-1350, C-1351, C-1352, C-1353, C-1354, C-1355, C-1356, C-1357, C-1358, C-1359, C-1360, C-1361, C-1362, C-1363, C-1364, C-1365, C-1366, C-1367, C-1368, C-1369, C-1370, C-1371, C-1372, C-1373, C-1374, C-1375, C-1376, C-1377, C-1378, C-1379, C-1380, C-1381, C-1382, C-1383, C-1384, C-1385, C-1386, C-1387, C-1388, C-1389, C-1390, C-1391, C-1392, C-1393, C-1394, C-1395, C-1396, C-1397, C-1398, C-1399, C-1400, C-1401, C-1402, C-1403, C-1404, C-1405, C-1406, C-1407, C-1408, C-1409, C-1410, C-1411, C-1412, C-1413, C-1414, C-1415, C-1416, C-1417, C-1418, C-1419, C-1420, C-1421, C-1422, C-1423, C-1424, C-1425, C



ANEXO II. REORDENACIÓN FERROVIARIA



Reordenación del espacio ferroviario

Esta actuación tiene como finalidad reordenar los terrenos liberados por las vías del ferrocarril, una vez unificadas y cubiertas, en la zona comprendida entre La Remonta y Las Estaciones, consiguiendo, tanto desde el punto de vista funcional como urbanístico, un acceso adecuado a Santander y un esponjamiento y reequipamiento de su entorno altamente densificado.

SITUACIÓN ACTUAL

La Remonta - La Marga

Además de la zona que acompaña al eje Castilla - Hermida, la zona de Candina y Cajo se ven fuertemente condicionadas por la presencia del ferrocarril. Por un lado, por los talleres ferroviarios que ocupan una gran superficie que no ha quedado integrada en la trama urbana con el crecimiento de la ciudad. Por el otro, por las vías de FEVE a su paso por el polígono industrial, que constituyen una barrera ferroviaria.

Eje Castilla - Hermida

En la actualidad, la zona a reordenar recoge, por una parte, la confluencia de los principales movimientos de entrada y de salida de tráfico rodado de la zona centro de la ciudad, principal foco de atracción de viajes debido a su carácter comercial y administrativo. Y por otra parte, aquí se encuentran las estaciones ferroviarias y de autobuses interurbanos, con la actividad y el movimiento que esto conlleva. Esto genera graves problemas de tráfico, que se añaden a otras carencias de la zona, consecuencia de una excesiva densidad residencial.

El par vial que componen la calle Castilla y la calle Marques de la Hermida, supone el principal eje de acceso y salida de la ciudad. Además sirve de red de distribución del tráfico generado por los residentes y comercios que se localizan entre las citadas calles. Hay que considerar que este es el barrio con la densidad edificatoria más alta de todo el municipio, llegando hasta cerca de 450 viviendas por hectárea y con aproximadamente 15.000 habitantes. La intensidad de tráfico, unido a la densidad de población y comercio de la zona, hace que exista un alto número de vehículos circulando lentamente en busca de aparcamiento o aparcados temporalmente en doble fila, reduciendo ostensiblemente la capacidad de los viales.

Por otra parte, faltan ejes transversales de primer orden que comuniquen la zona centro con el Norte de Santander; además de la calle Camilo Alonso Vega y el Túnel de Tetuán, tanto para tráfico rodado como para itinerarios peatonales; y una circunvalación externa al entramado urbano de la ciudad que facilite la salida hacia el arco sur de la bahía, sin atravesar el centro de la ciudad.

Plaza de Las Estaciones

Además de analizar la barrera que constituyen las instalaciones ferroviarias, es preciso considerar el efecto que produce la presencia de las estaciones. El municipio cuenta con dos

estaciones ferroviarias principales, comienzo de línea. Una de ellas corresponde a los ferrocarriles de FEVE y otra a los de RENFE, estando ambas conectadas por una zona de carga y descarga de camiones. La ubicación de estas terminales corresponde con la Plaza de las Estaciones, entre el Pasaje de Peña y la calle Castilla y situadas, a su vez, a escasos 20 metros de la estación de autobuses de Santander. Su situación, en pleno centro de la ciudad, y su cercanía crea unas condiciones muy favorables para el establecimiento de un sistema intermodal de transporte público.

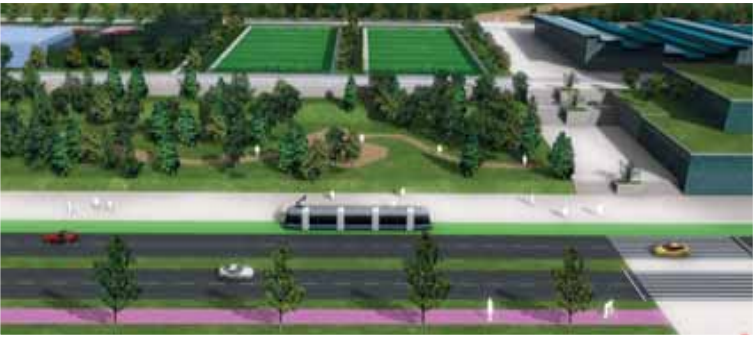
Actividad portuaria

También cabe resaltar que el tráfico de vehículos pesados asociados a operaciones del Puerto de Santander es muy alto, tomando como ruta de entrada la calle Marqués De La Hermida y como salida la calle Castilla. Esto, además de crear una gran congestión a ciertas horas punta, produce un deterioro de la calidad de vida de los ciudadanos debido al aumento de la contaminación. Con el fin de solucionar este problema, está prevista la ejecución de un puente ferroviario y viario entre los muelles de Raos y Maliaño, que desviará de las calles de la ciudad el tráfico pesado del Puerto.

La terminal de pasajeros del Puerto de Santander, la Estación Marítima, está situada junto al centro de la ciudad y atiende las necesidades de 140.000 usuarios que viajan anualmente en Ferry a través del Puerto de Santander. Además de facilitar las operaciones de los buques que los transportan y permitir su abastecimiento a través del Puerto, los viajeros tienen la posibilidad de transportar sus automóviles en el mismo, por lo que la presencia de la terminal genera una cantidad de tráfico añadido al presente en la zona.

Así pues, tanto la salida y entrada de vehículos del Ferry como la playa de vías y talleres de las estaciones y el citado acceso de Santander; se ubican territorialmente en esta pieza del municipio; que presenta otros problemas añadidos como un gran déficit de estacionamiento, tanto para residentes como para visitantes, unas graves carencias en equipamientos y espacios libres, la presencia de los mayores niveles de ruido de Santander; niveles de calidad de aire simplemente aceptables con el agravante de las emisiones de polvo de carbón en el aire (fruto de la actividad portuaria cuando hay viento sur), y una fuerte fragmentación debida a la topografía del terreno en la parte Norte, de la que se separa mediante un muro de más de 15 metros de altura en algunos puntos, con la escasez de comunicaciones viarias y peatonales que esto conlleva.

ANEXO II. REORDENACIÓN FERROVIARIA



AYUNTAMIENTO
DE SANTANDER

PROPUESTA DE REORDENACIÓN DEL ESPACIO FERROVIARIO EN SANTANDER



AYUNTAMIENTO
DE SANTANDER



Propuesta

Antecedentes

Como respuesta a esta problemática, se han planteado diversas actuaciones que mejorarían la situación de esta zona, como la creación de un depósito de graneles sólidos en el puerto que solucionaría el problema de las emisiones de carbón, la implantación de un aparcamiento para residentes, el reemplazo de las naves en ruina por una zona de uso terciario, la prolongación del Paseo Marítimo, el proyecto de reordenación de los accesos a la Estación Marítima y su integración en el entorno, el puente de Raos y un proyecto de cubrir las vías de ferrocarril.

Actuación, esta última, que permitiría remodelar el acceso a Santander, que cuenta con una intensidad media diaria de más de 70.000 vehículos con mezcla de tráfico de largo recorrido y local.

Justificación de la actuación

Así pues, parece necesario llevar a cabo una reforma integral de la zona Castilla-Hermida, además de las intervenciones derivadas de la unificación y cubrición de las vías que llegan hasta las inmediaciones de La Remonta, que solucione sus problemas de tráfico, calidad ambiental y escasa conectividad, y equilibre sus carencias en equipamientos y espacios libres, consiguiendo así un entorno urbano acorde con la importancia y la centralidad de este enclave de la ciudad.

En base a esta situación actual se **justifica la intervención** en base a los siguientes aspectos:

- El proyecto de unificación y cobertura de las estaciones genera una gran bolsa de suelo a ordenar en el centro de Santander.
- Es necesario un acceso a Santander adecuado urbanística y funcionalmente.
- La zona de Castilla - Hermida requiere un reequipamiento y un aumento de los espacios libres, así como una mejora de la conectividad y permeabilidad con el resto de la ciudad.

Por otro lado los **criterios generales** a aplicar en la ordenación del ámbito son los siguientes:

- Configurar de un vial de acceso con capacidad suficiente y con carácter de vial urbano.
- Posibilitar la separación de los tráficos locales y de largo recorrido.
- Crear una centralidad de transporte multimodal.
- Establecer las condiciones necesarias para la llegada del tren de alta velocidad a Santander.
- Aumentar la permeabilidad con la zona de la calle Alta, al menos de carácter peatonal.
- Establecer una ordenación viable, tanto técnica como económicamente.
- Esponjar el entorno, creando nuevos espacios libres, y equiparlo.
- Reordenar el espacio liberado por las vías en el Polígono Industrial de Candina.

Unificación y el cubrimiento de las vías

La Remonta - Jerónimo Sainz de la Maza

La unificación y el cubrimiento de las vías, que se inicia en Las Estaciones, se prolonga hasta La Remonta, donde se propone crear una nueva zona de centralidad de espacios verdes practicables y equipamientos para la ciudad, mediante la conexión de La Peña de Peñacastillo, la Finca de La Remonta y el Parque del Dr. Morales. En el tramo comprendido entre La Remonta y la rotonda de Jerónimo Sainz De La Maza, las vías ocuparán la actual calle Eduardo García Del Río, junto a las vías existentes. Sobre este haz de vías de levantará la nueva cubierta, sobre la que se situará un vial para el tráfico rodado, aceras peatonales y carril - bici. De esta forma se asegura un itinerario continuo desde Peñacastillo hasta Las Estaciones, con la posibilidad de conectar desde allí con una serie de itinerarios peatonales por todo el municipio.

Solución propuesta

La **solución propuesta** consiste en ejecutar un nuevo acceso a Santander, aprovechando el terreno que quedaría liberado por la **unificación y cubrición de las vías de ferrocarril**, que se configure como eje principal de acceso a la ciudad desde el arco Sur de la Bahía, y que permita a las calles Castilla y Marqués De La Hermida mantener únicamente una función distribuidora del tráfico generado en su entorno. Se trata pues de crear un acceso a Santander funcionalmente adecuado para las intensidades que soporta, con carácter de vía urbana.

Candina

Se propone trasladar las vías de FEVE a su paso por el Polígono de Candina para unificarlas a las que corren paralelas a la calle Eduardo García Del Río. Para ello se realizará un by-pass en los terrenos situados al Este de la finca de La Remonta. El espacio ferroviario liberado en Candina, será ocupado por un nuevo vial que servirá al tráfico interno de la zona industrial, convirtiéndose a su vez en una vía alternativa de entrada - salida a la ciudad además de la existente desde Bilbao y la nueva vía propuesta sobre la plataforma de cubrición. Estará acompañado por un carril - bici y un paseo verde que garantizará la comunicación peatonal con la zona comercial de Nueva Montaña además de aportar calidad ambiental a una zona actualmente deprimida.

Eje Castilla – Hermida

Para disminuir el efecto barrera, en sentido Norte-Sur, que producen las vías de ferrocarril, se propone unificar las estaciones de FEVE y RENFE, incluyendo el cubrimiento de las vías existentes, permitiendo una mayor permeabilidad peatonal entre la calle Castilla y la calle Alta. Se crea así una plataforma en la zona paralela a la ladera Norte, constituida por la cubierta de las vías, que queda a un nivel intermedio entre las dos calles. Sobre esta plataforma, se situará un vial longitudinal que dará servicio a la nueva zona residencial que se emplazará al pie de este zócalo y lo comunicará con la Peña del Cuervo quedando de esta forma garantizada la conexión vehicular con la Calle Alta. Un par de rampas cercanas a la Estación Ferroviaria, asegurarán la conexión rodada de esta plataforma con la cota inferior. A lo largo, habrá accesos peatonales que permitirán la comunicación transversal entre la zona Castilla - Hermida y la Calle Alta. Se mejora así la conexión con el resto de la ciudad consolidada, tanto viaria, para transporte público y privado, como peatonal. El espacio restante sobre esta cubierta será libre, rematado por un área deportiva descubierta (22) situada junto al edificio de la Estación Ferroviaria.

Nueva Estación Intermodal

Se levantará una nueva **estación de ferrocarril** (4), que acoja el tráfico tanto de cercanías como de largo recorrido, incluido el tren de alta velocidad que está previsto por el Ministerio de Fomento. Habrá distintos puntos de acceso a la misma: en la planta superior, a nivel de la cubierta de las vías; en la planta baja, a cota de calle y también a través de un **túnel peatonal** (2) que la conectará con la Estación de Autobuses, integrando así tanto el transporte urbano como interurbano en esta modalidad.

Metro ligero

Las dos estaciones se relacionan mediante una **gran plaza** (3), que sería además el punto de parada de la línea del **metro ligero** (11) que comunicaría esta zona con la Universidad y el Sardinero, a través del túnel (1) que propone esta Revisión del Plan. Este túnel servirá tanto al tráfico vehicular como al paso del metro ligero. Comenzará en la plaza de acceso a las estaciones y finalizará en la Av. de los Castros, a la altura de la Bajada de Polio. Así pues, la línea de metro ligero relacionará algunos de los principales focos generadores de tráfico de la ciudad, como son las estaciones de ferrocarril y autobuses, la Universidad de Cantabria, y el Sardinero. Desde las estaciones hacia el oeste, la línea de metro continúa en superficie, pasando por La Marga y el Polígono de Candina, en dirección hacia Camargo.

Ordenación del espacio liberado

Nuevo vial de acceso



Tras la unificación y posterior cobertura de la playa de vías existente en Castilla - Hermida, queda a reordenar una bolsa de suelo de más de 300.000 metros cuadrados. Este nuevo espacio liberado del uso dedicado al tráfico ferroviario, a cota de la calle Castilla, permitirá reorganizar el tráfico de vehículos, incluyendo un nuevo viario principal (5), paralelo a los dos ejes actuales de entrada y salida y que partirá de la rotonda de La Marga y llegará a una gran plaza situada cercana a las Estaciones. Se separan así los tráfico de carácter local y de largo recorrido, desahogando los movimientos interiores de este barrio tan densificado.

Este vial con calzadas separadas y dos carriles por sentido de circulación estará conectado transversalmente con la red local y poseerá, en paralelo, zonas verdes a un lado, de aproximadamente 15 metros de ancho, que favorezcan la integración del vial y minimicen su impacto paisajístico. Entre la vía y la zona verde discurrirá un carril - bici que tendrá continuidad con el proyectado para La Remonta - La Peña. Este amplio paseo verde permitirá el tránsito peatonal, sin interferencias del tráfico rodado, pasando por la plaza de las Estaciones hasta enlazar con la prolongación propuesta del Paseo Marítimo, que cerraría el circuito que llega desde el gran Parque Litoral, pasando por la zona del Sardinero, Puerto Chico y Centro.



Nuevas zonas residenciales

Los edificios residenciales se distribuirán a lo largo del zócalo que se genera con la cubrición de las vías. Las dos primeras plantas se destinarán a aparcamiento e irán en contacto con el zócalo, de manera que el acceso vehicular se realizará bien desde la cubierta o bien desde la cota inferior. Al frente, estas dos plantas tendrán un uso comercial, junto al nuevo espacio público creado. Sobre esta plataforma de bajos comerciales y aparcamientos, se levantan las viviendas, distribuidas en bloques exentos de distintas alturas en torno a un patio que otorgan al conjunto una gran permeabilidad. La nueva ordenación residencial se amolda a las alineaciones de la edificación existente, quedando así integrada en la trama urbana.



Nuevos espacios libres equipados

Entre las nuevas viviendas y las existentes en la calle Castilla, se genera un gran espacio libre gracias a la liberación del espacio ferroviario. Tendrá un carácter claramente urbano, acompañando longitudinalmente al nuevo vial de salida y contará con zonas verdes arboladas, superficies de agua y una gran plaza central con juegos infantiles, todo ello unido por una red de itinerarios longitudinales y transversales, asegurando un esponjamiento de la nueva actuación además de una gran calidad ambiental y urbanística.

A ambos lados de esta gran plaza se concentrarán los nuevos equipamientos que constan de guardería, nuevo centro de salud, nuevo centro socio-cultural, nuevo edificio de la Policía Local, y nuevo instituto.

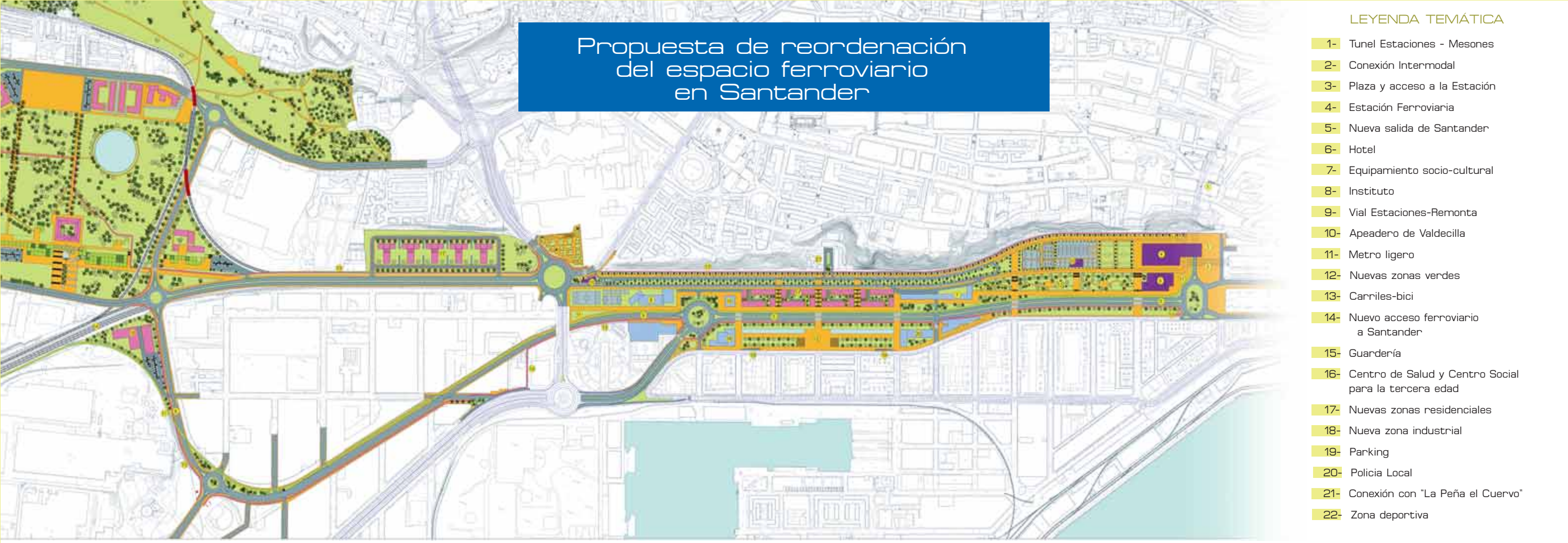
Por último, junto a la nueva Estación Ferroviaria, se levantará hotel, y constituirá un hito no solo como remate de la actuación de la reordenación del espacio ferroviario sino también un edificio singular para la Ciudad de Santander.

Traslado de los antiguos talleres ferroviarios en Cajo

Esta operación supondrá una vez más la liberación de una gran superficie, lo cual se traduce en una oportunidad para regenerar la zona e integrarla a la ciudad. Se prevé para ello la construcción de un gran aparcamiento cuya cubierta quedará a nivel de la nueva plataforma de cubrición. Esta superficie será en parte ajardinada y albergará cinco bloques de viviendas que constituirán una terraza abierta a la bahía, sin por ello constituir una barrera a las viviendas que quedan por detrás, las cuales por topografía del terreno, se encuentran a una altura superior.

Zona Industrial al sur de La Remonta

La operación de unificación de las vías genera una bolsa de suelo junto a la intersección del nuevo eje Las Estaciones - La Remonta con el nuevo vial de Candina. Esta superficie tendrá uso industrial, debido al entorno en el que se emplaza.















ANEXO III. CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

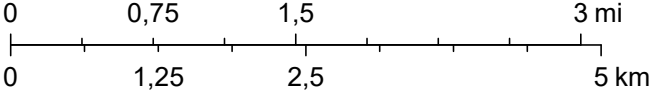
ANEXO III. CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA



junio 27, 2020

- | | |
|---|---|
|  Parques naturales |  Zonas especiales de conservación (ZEC) |
|  Parques nacionales |  Zonas de especial protección para aves (ZEPA) |
|  Monumentos naturales |  RAMSAR |
|  Áreas Naturales de Especial Interés |  Zonas de Protección de la Avifauna en Cantabria según Orden GAN 36/2011 |
|  Lugares de Interés Comunitario (LIC) |  Plan de Recuperación del Oso Pardo en Cantabria. Decreto 34/1989 |

1:64.000

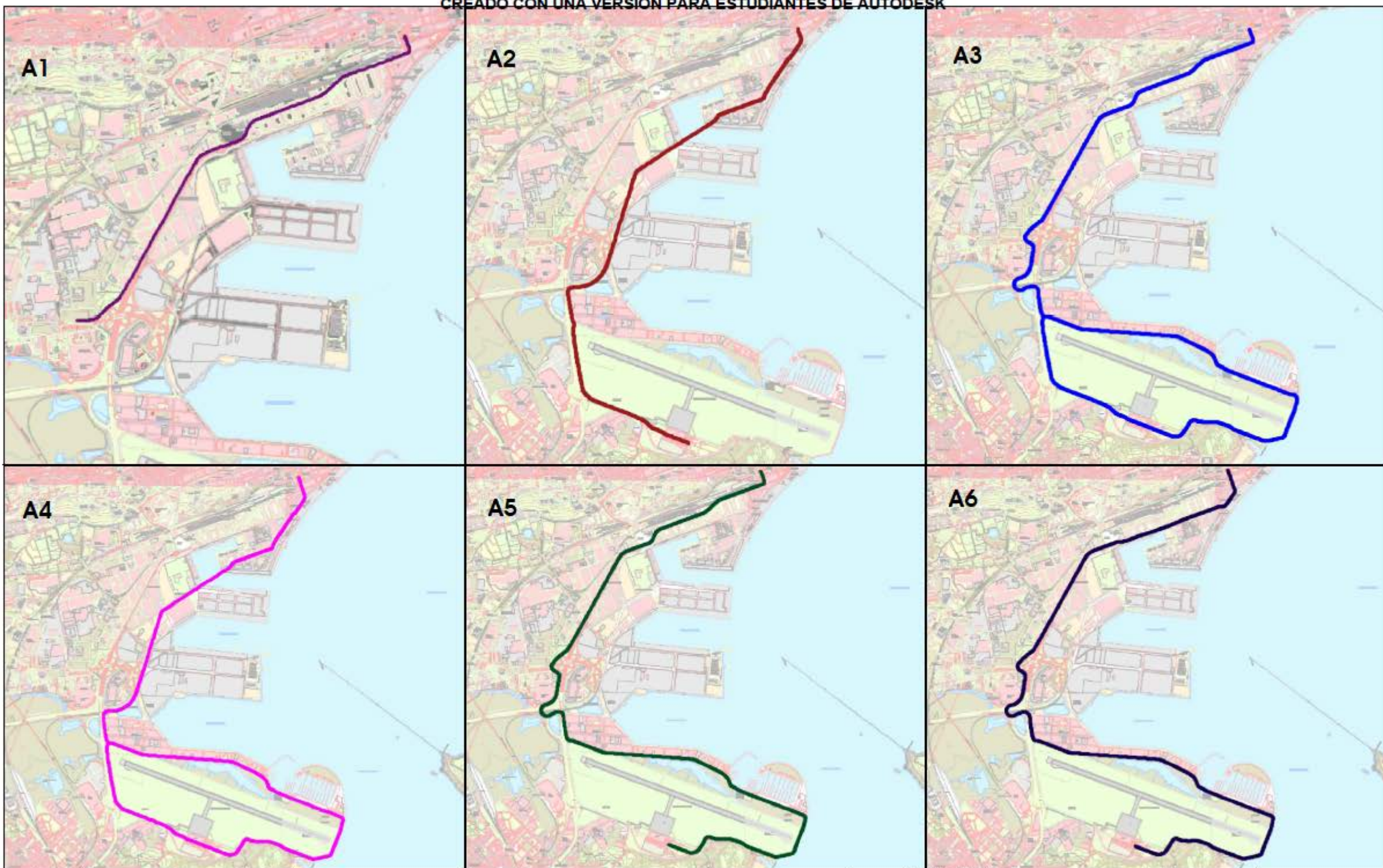


Gobierno de Cantabria; Gobierno de Cantabria-IGN, Sistema Cartográfico Nacional

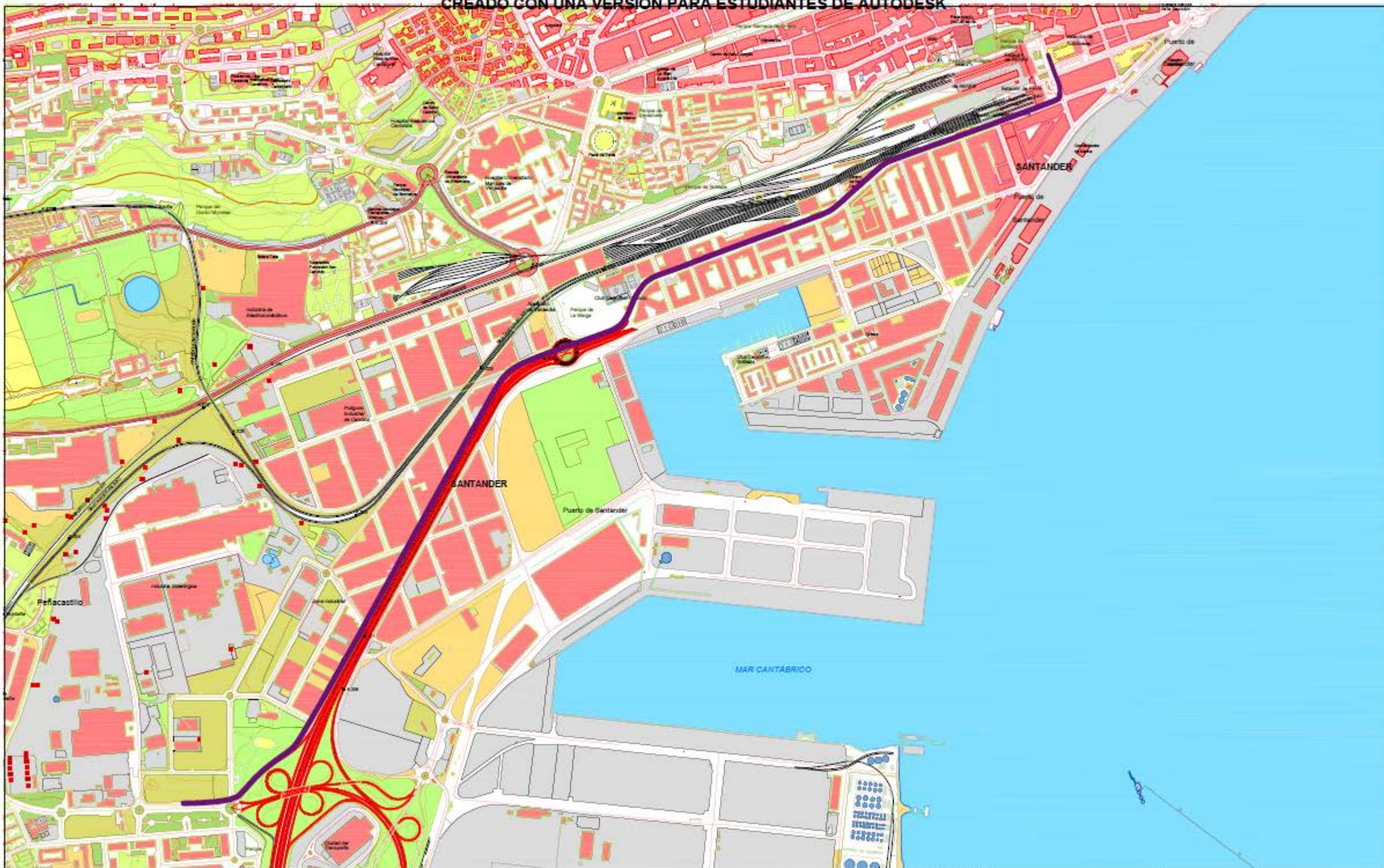


ANEXO IV. PLANOS

ALTERNATIVAS	134
ALTERNATIVA 1	135
TRAZADO.....	135
TRAMO 1.....	136
TRAMO 2.....	137
ALTERNATIVA 2	138
TRAZADO.....	138
TRAMO 1.....	139
TRAMO 2.....	140
TRAMO 3.....	141
TRAMO 4.....	142
ALTERNATIVA 3	143
TRAZADO.....	143
TRAMO 1.....	144
TRAMO 2.....	145
TRAMO 3.....	146
TRAMO 4.....	147
TRAMO 5.....	148
ALTERNATIVA 4	149
TRAZADO.....	149
TRAMO 1.....	150
TRAMO 2.....	151
TRAMO 3.....	152
TRAMO 4.....	153
TRAMO 5.....	154
ALTERNATIVA 5	155
TRAZADO.....	155
TRAMO 1.....	156
TRAMO 2.....	157
TRAMO 3.....	158
TRAMO 4.....	159
ALTERNATIVA 6	160
TRAZADO.....	160
TRAMO 1.....	161
TRAMO 2.....	162
TRAMO 3.....	163
TRAMO 4.....	164
SECCIÓN EN PARADA	165
SECCIONES	166
SECCIÓN CARRIL	167



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 1

ESCALA
1/10000



NÚMERO
1 DE 1

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TERMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 1

ESCALA
1/5000

NÚMERO
1 DE 2

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRÁMVA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

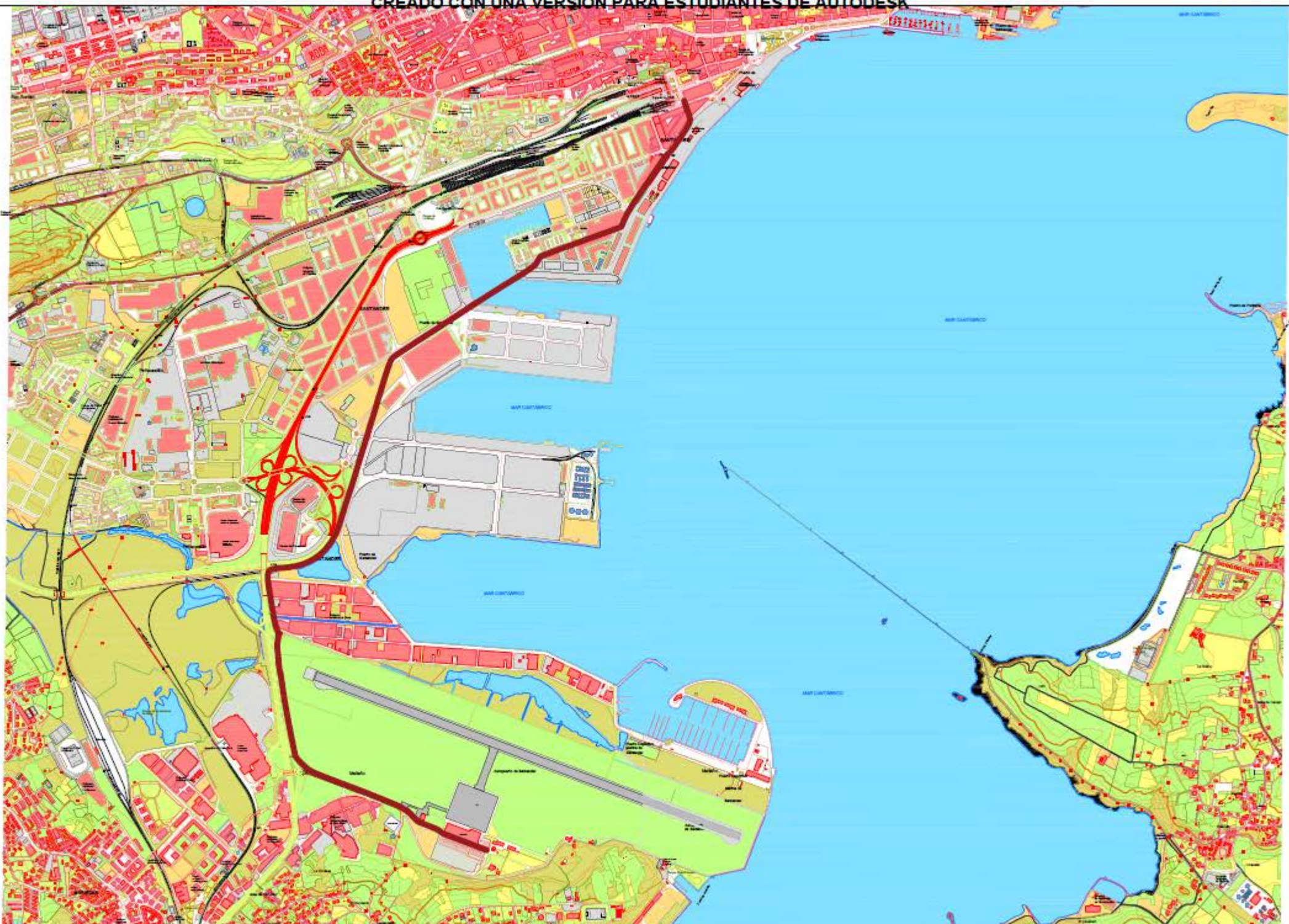
FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 1

ESCALA
1/5000

NÚMERO
2 DE 2



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 2

ESCALA
1/20000



NÚMERO
1 DE 1



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA	JUL10 2020
-------	------------

TERMINO MUNICIPAL	SANTANDER
PROVINCIA	CANTABRIA

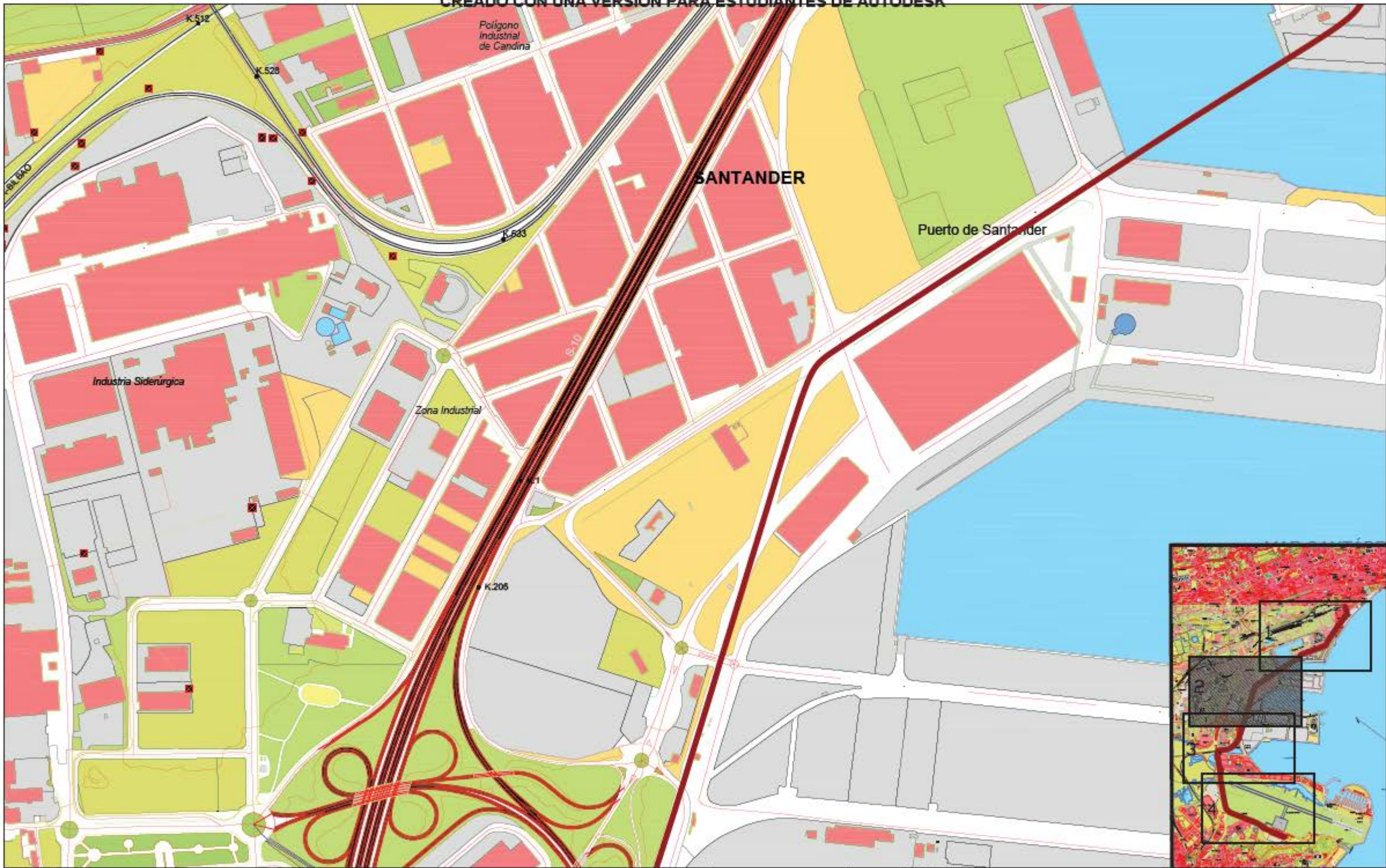
TÍTULO DEL PLANO



ALTERNATIVA 2

ESCALA
1/5000



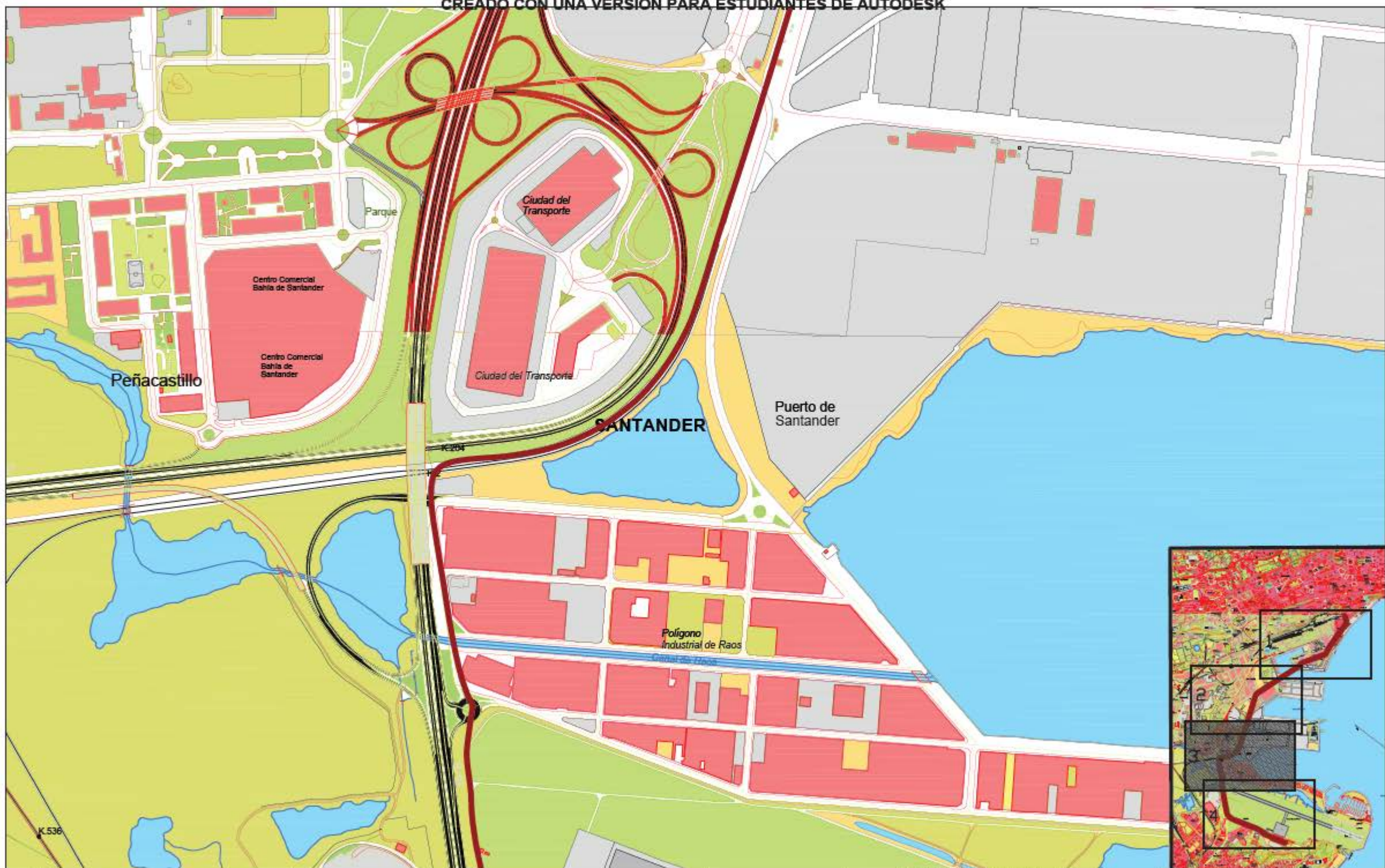
1 DE 4




	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER	AUTOR BEATRIZ TORRE TOCA	FECHA JULIO 2020	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 2	ESCALA 1/5000	 NÚMERO 2 DE 4
					PROVINCIA CANTABRIA			


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

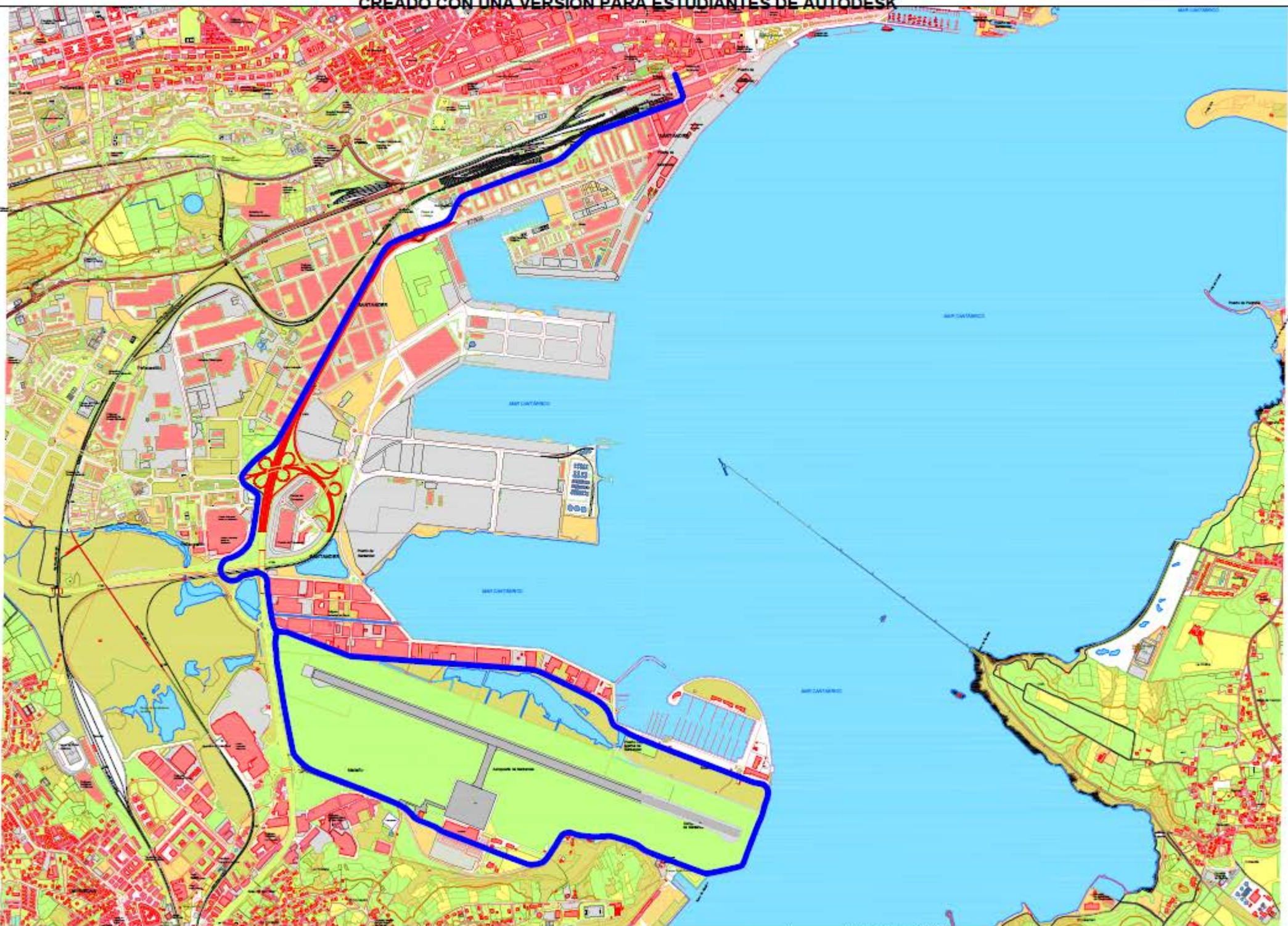
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRÁMITE EN LA CIUDAD DE SANTANDER	AUTOR BEATRIZ TORRE TOCA	FECHA JULIO 2020	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 2	ESCALA 1/5000	NÚMERO 3 DE 4
					PROVINCIA CANTABRIA			



	<p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</p>	<p>TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER</p>	<p>AUTOR BEATRIZ TORRE TOCA</p>	<p>FECHA JULIO 2020</p>	<p>TÉRMINO MUNICIPAL SANTANDER PROVINCIA CANTABRIA</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 2</p>	<p>ESCALA 1/5000</p>	<p>NÚMERO 4 DE 4</p>
---	--	--	-------------------------------------	-----------------------------	--	---	--------------------------	--------------------------



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 3

ESCALA
1/20000



NÚMERO
1 DE 1



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

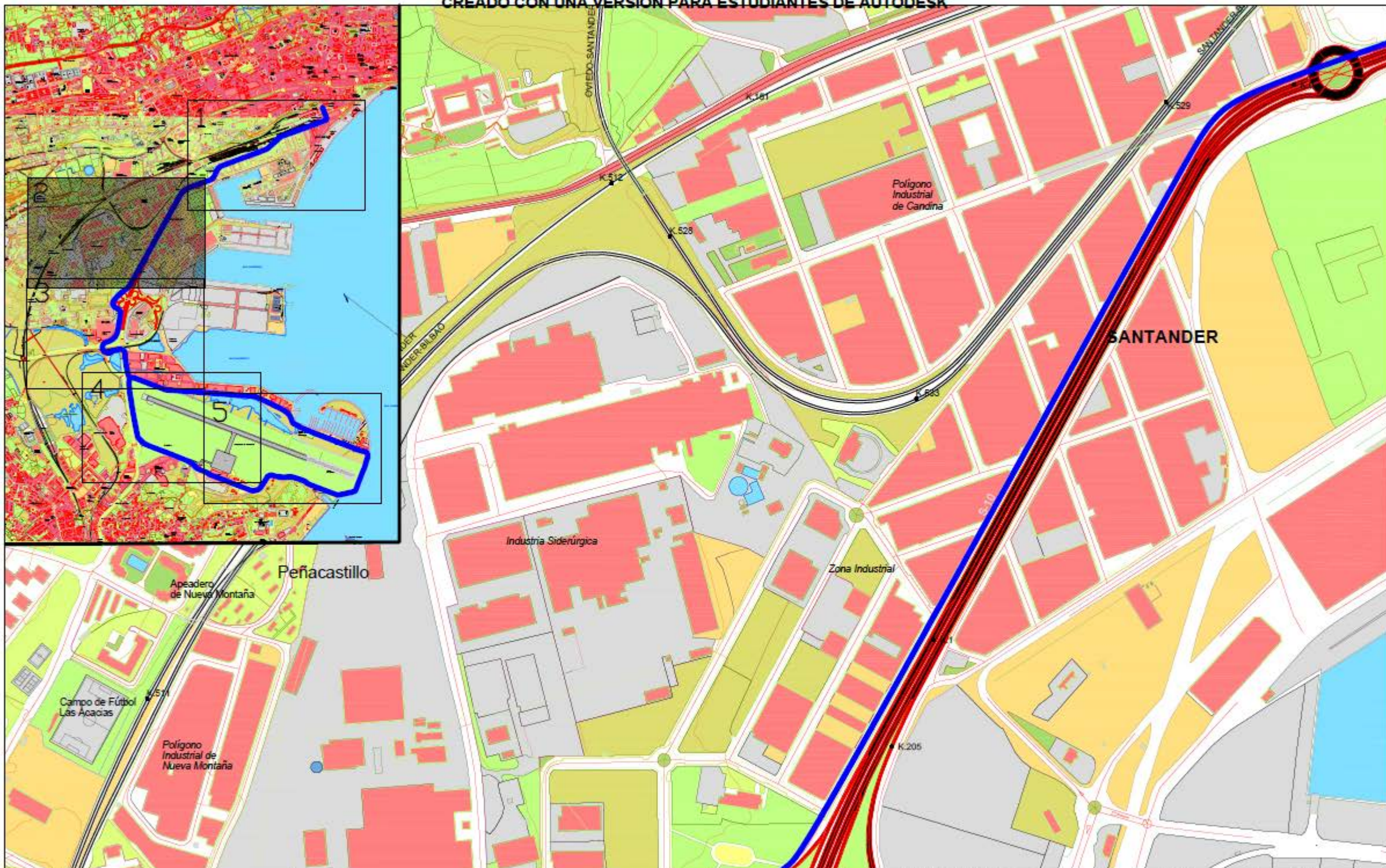
TERMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 3

ESCALA
1/5000



NÚMERO
1 DE 5



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

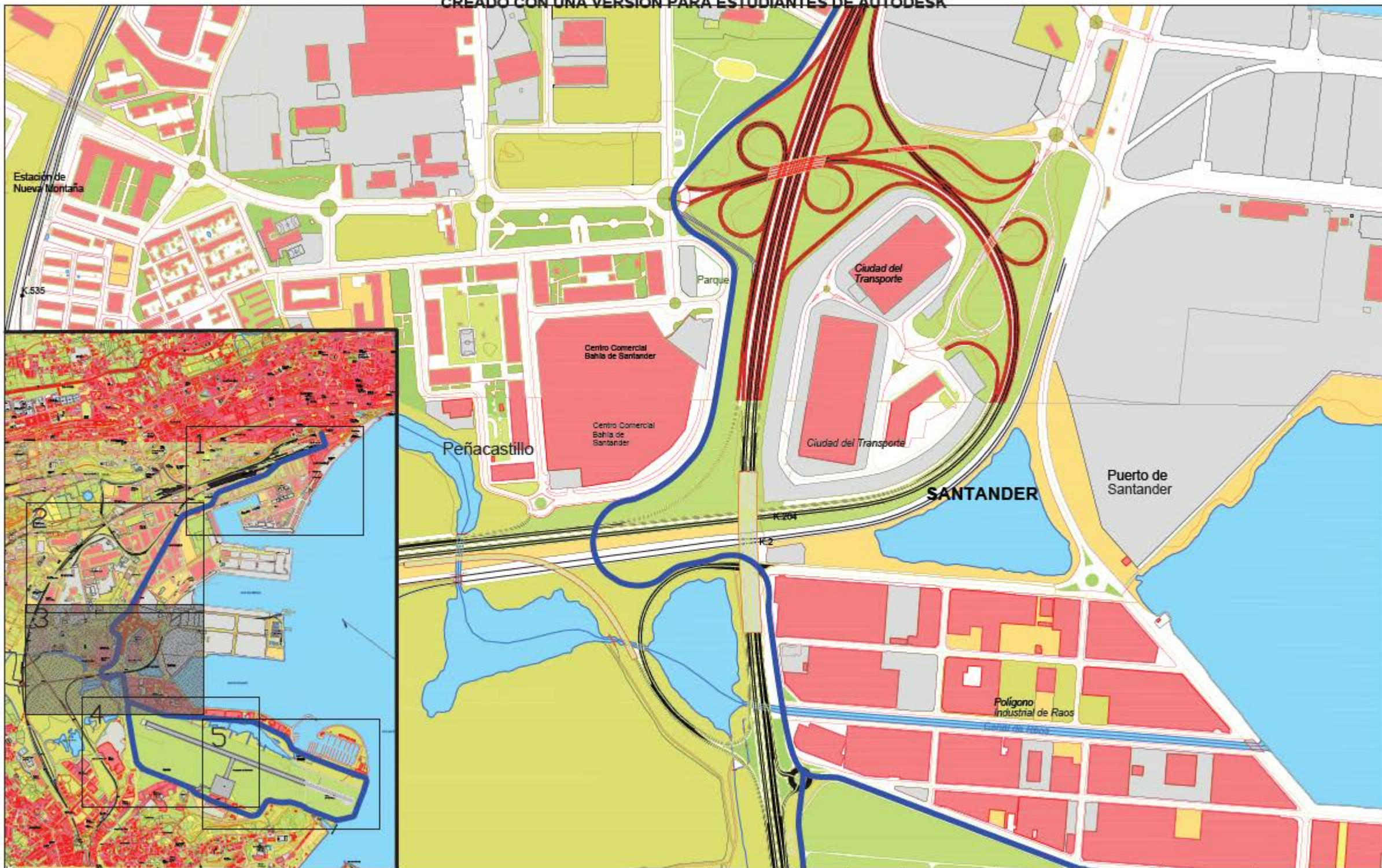
TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 3

ESCALA
1/5000



NÚMERO
2 DE 5



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020



TERMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 3

ESCALA
1/5000

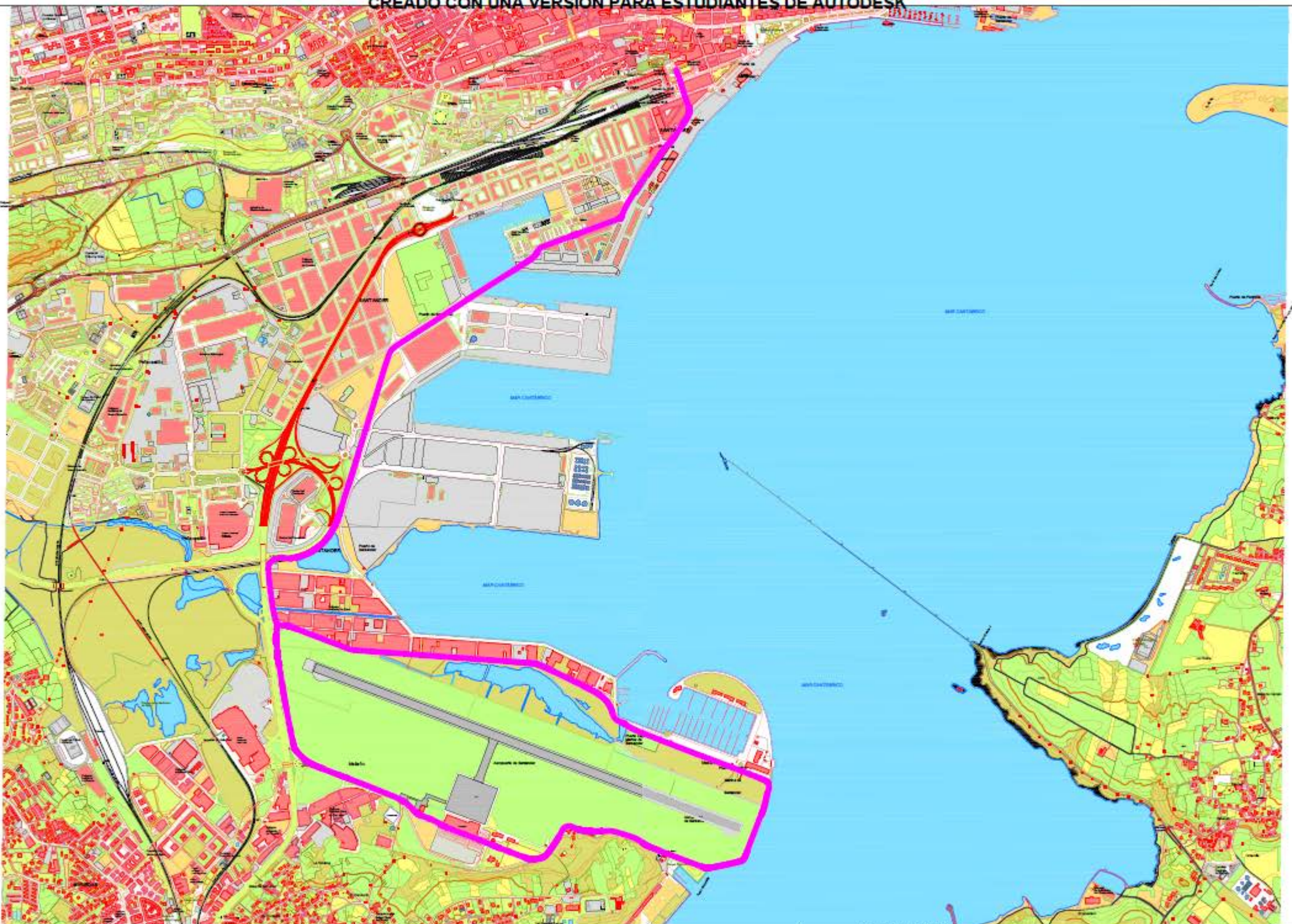
NÚMERO
3 DE 5



	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER	AUTOR BEATRIZ TORRE TOCA	FECHA JULIO 2020	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 3	ESCALA 1/5000	 N NÚMERO 4 DE 5
					PROVINCIA CANTABRIA			



	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRÁMVA EN LA CIUDAD DE SANTANDER	AUTOR BEATRIZ TORRE TOCA	FECHA JULIO 2020	TÉRMINO MUNICIPAL SANTANDER PROVINCIA CANTABRIA	TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 3	ESCALA 1/5000	NÚMERO 5 DE 5
--	---	--	-----------------------------	---------------------	--	-----------------------------------	------------------	------------------



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA



TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 4

ESCALA
1/20000

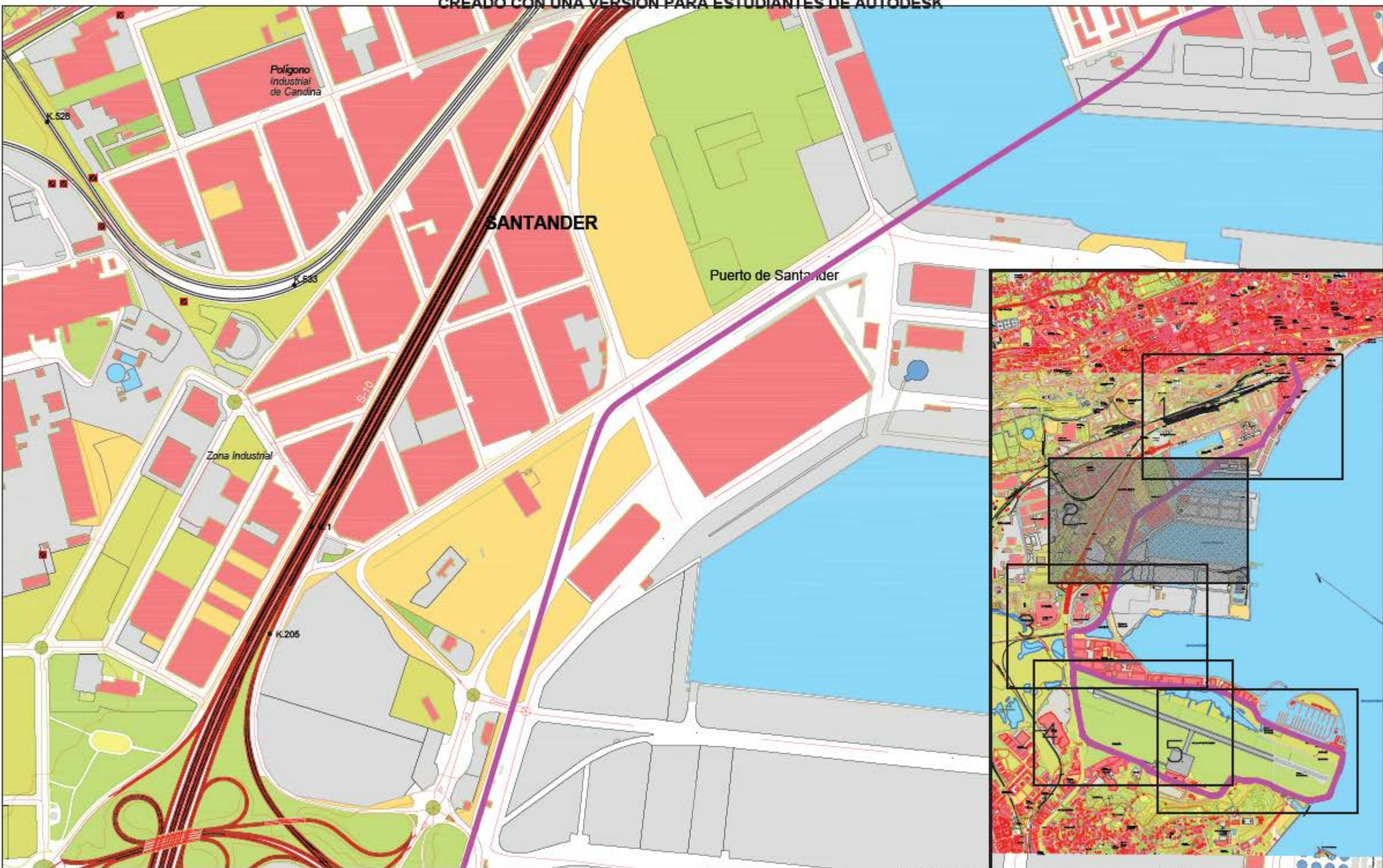
NÚMERO
1 DE 1

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER	AUTOR BEATRIZ TORRE TOCA	FECHA JULIO 2020	TERMINO MUNICIPAL SANTANDER	TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 4	ESCALA 1/5000		NÚMERO 1 DE 5
					PROVINCIA CANTABRIA				

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 4

ESCALA
1/5000



NÚMERO
2 de 5



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 4

ESCALA
1/5000



NÚMERO
3 DE 5



	<p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</p>	<p>TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER</p>	<p>AUTOR BEATRIZ TORRE TOCA</p>	<p>FECHA JULIO 2020</p>	<p>TÉRMINO MUNICIPAL SANTANDER PROVINCIA CANTABRIA</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 4</p>	<p>ESCALA 1/5000</p>	<p>NÚMERO 4 DE 5</p>
--	--	--	-------------------------------------	-----------------------------	--	---	--------------------------	--------------------------





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

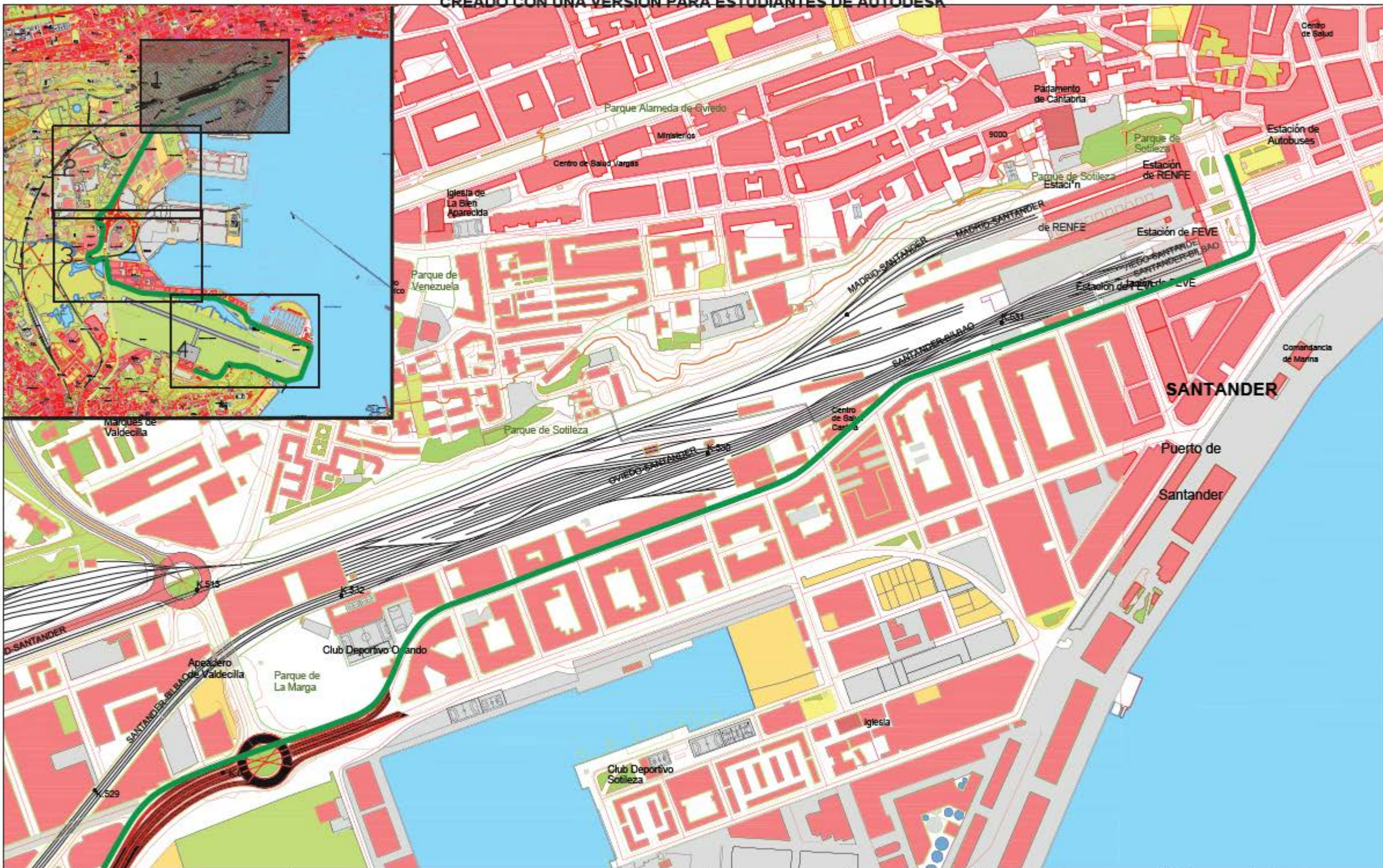
TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 5

ESCALA
1/20000



NÚMERO
1 DE 1



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

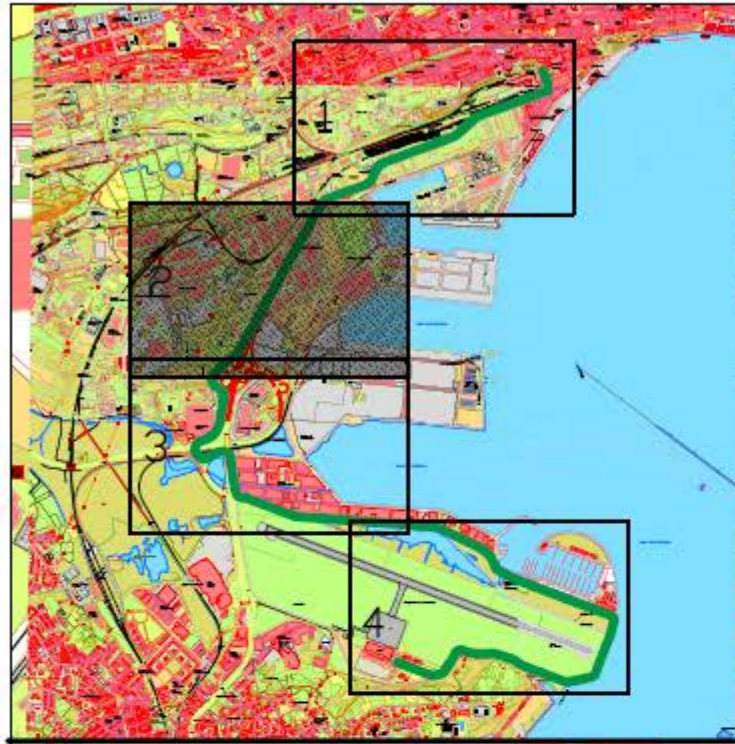
TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 5

ESCALA
1/5000



NÚMERO
1 DE 4

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 5

ESCALA
1/5000



NÚMERO
2 DE 4

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRÁMVA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 5

ESCALA
1/5000



NÚMERO
3 DE 4



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

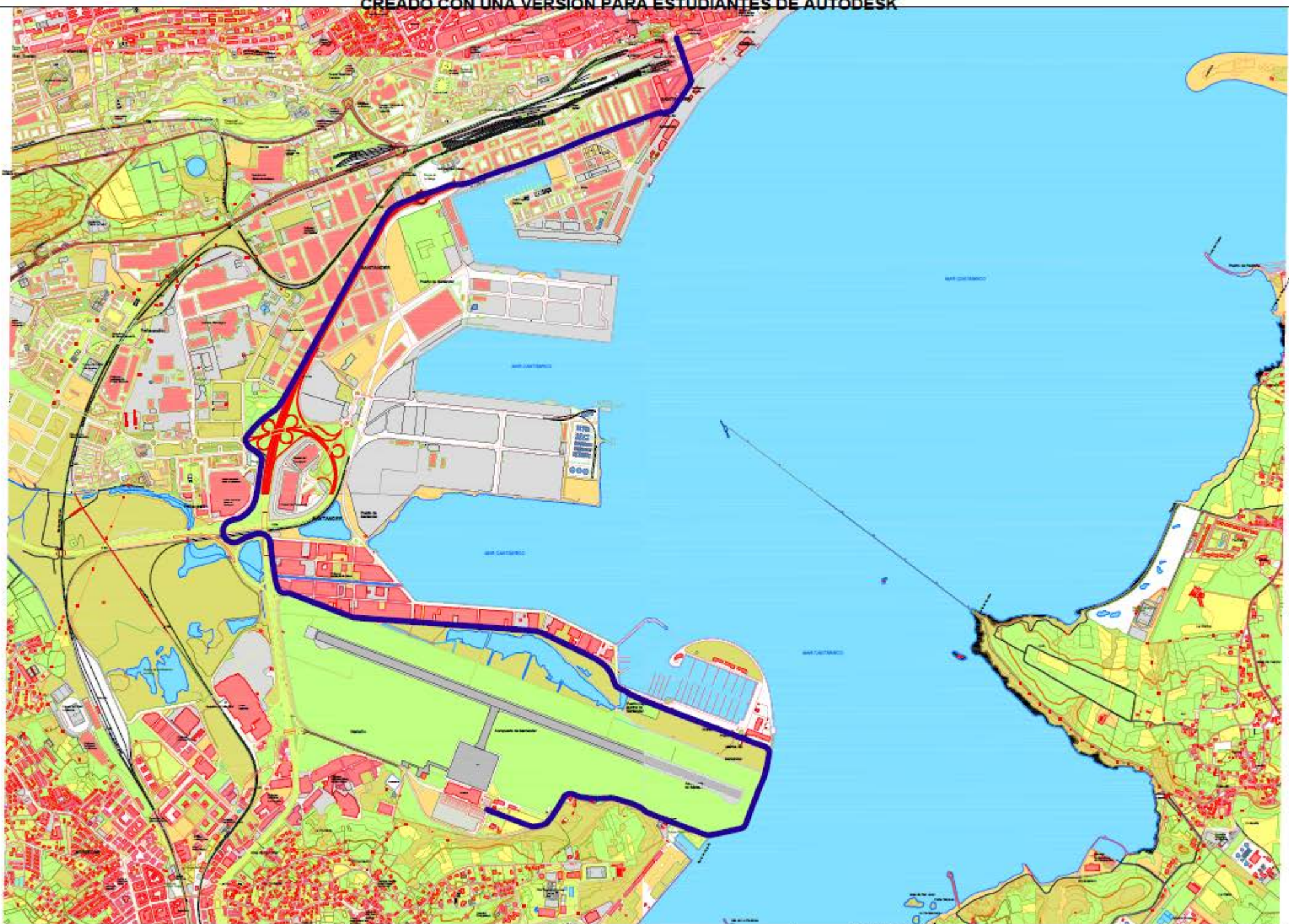
TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 5

ESCALA
1/5000



NÚMERO
4 DE 4

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

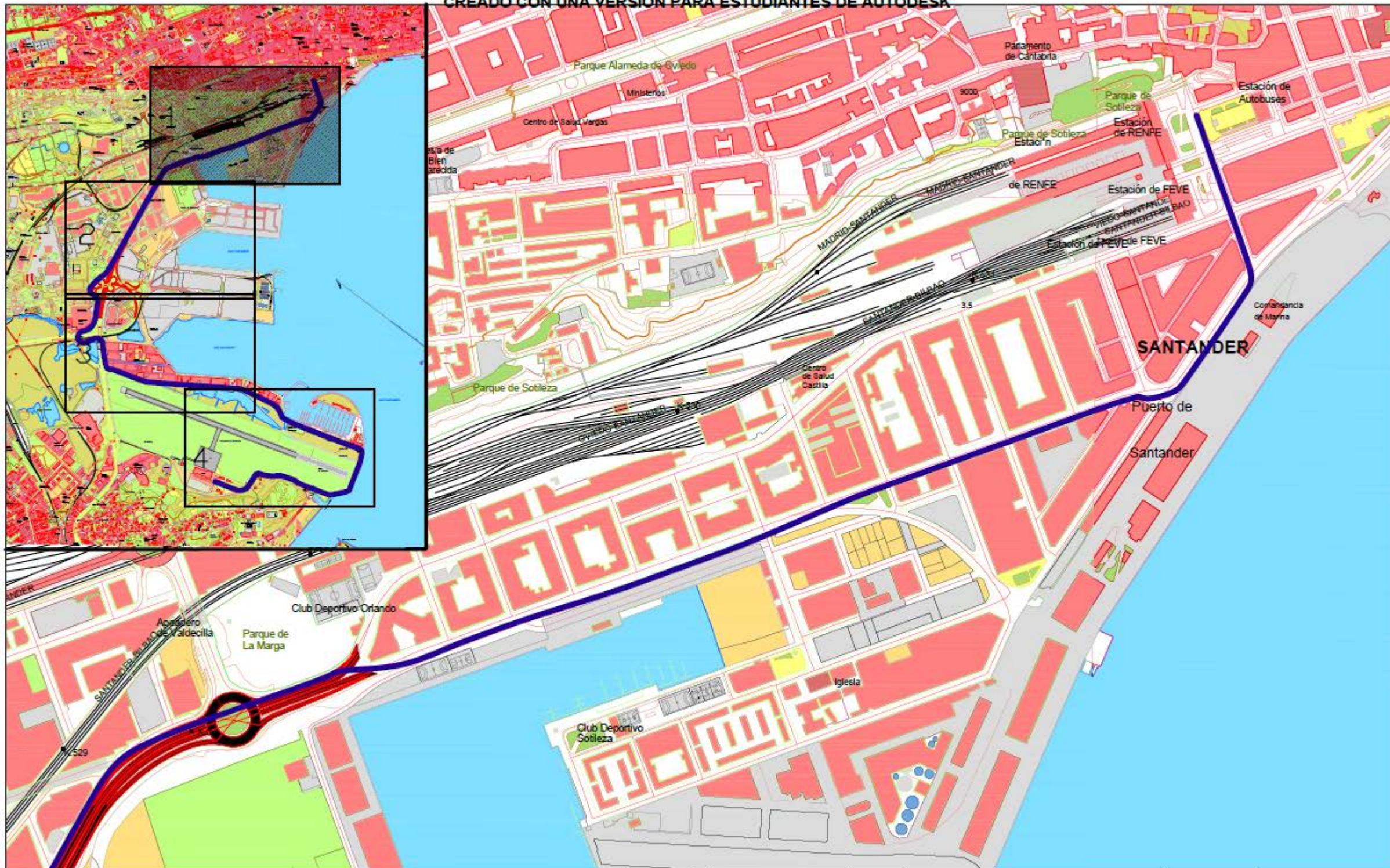
TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 6

ESCALA
1/20000

NÚMERO
1 DE 1

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

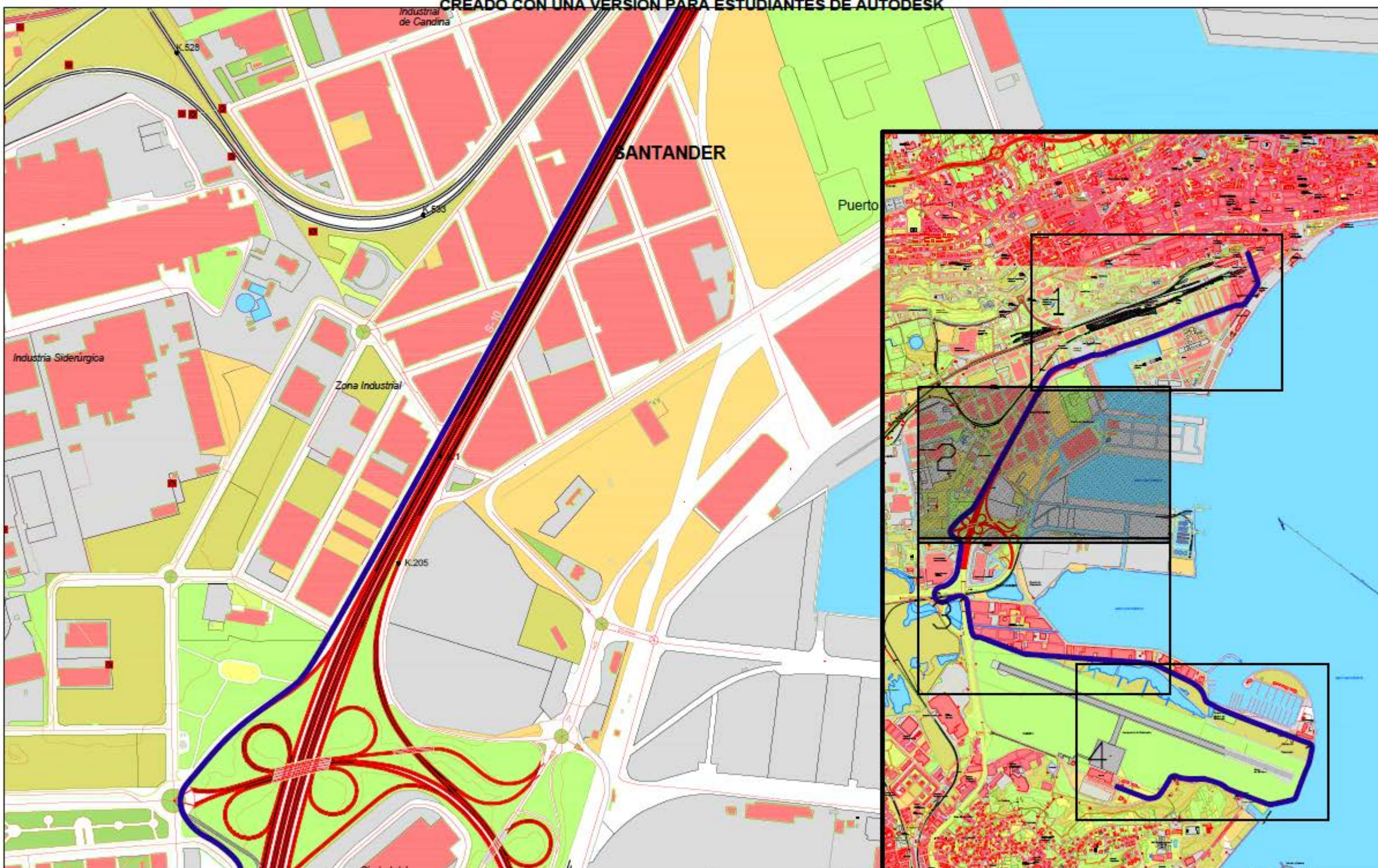
TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 6

ESCALA
1/5000

NÚMERO
1 DE 4

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TERMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 6

ESCALA
1/5000

NÚMERO
2 DE 4



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TERMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 6

ESCALA
1/5000



NÚMERO
3 DE 4



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

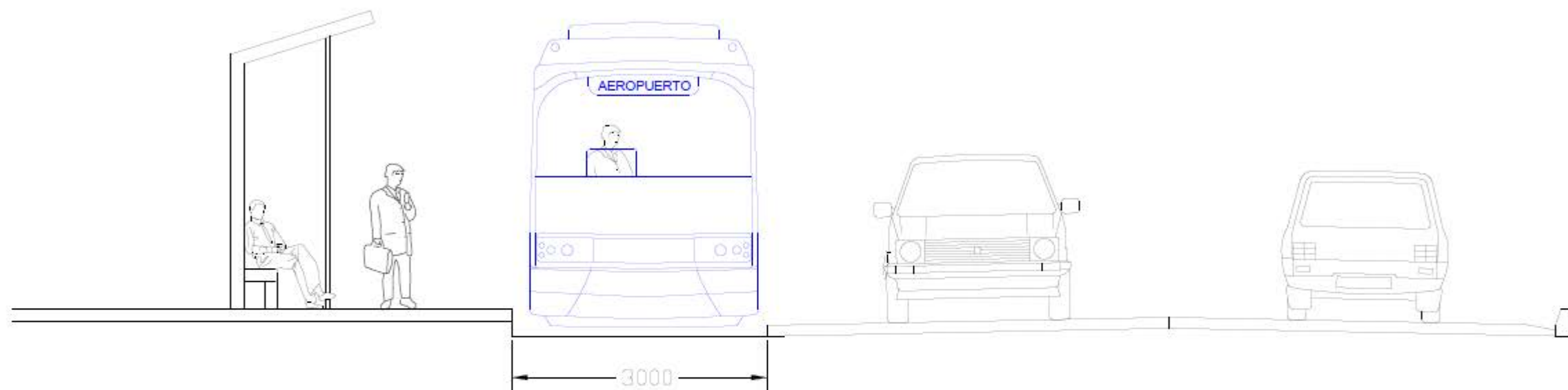
FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
ALTERNATIVA 6

ESCALA
1/5000

NÚMERO
4 DE 4



SECCION VÍA ÚNICA EN PARADA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

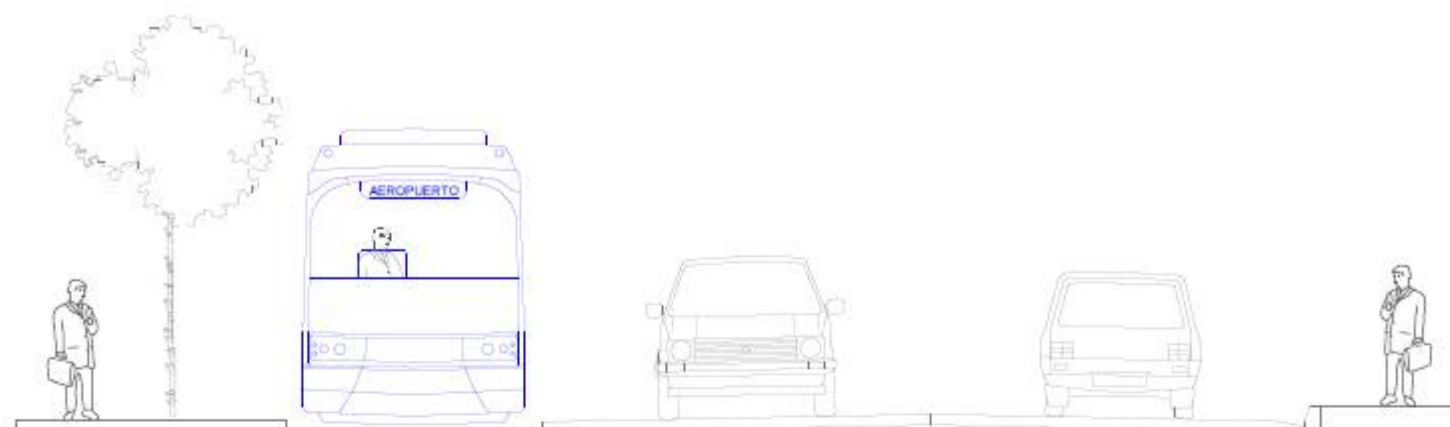
FECHA
JULIO 2020

TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

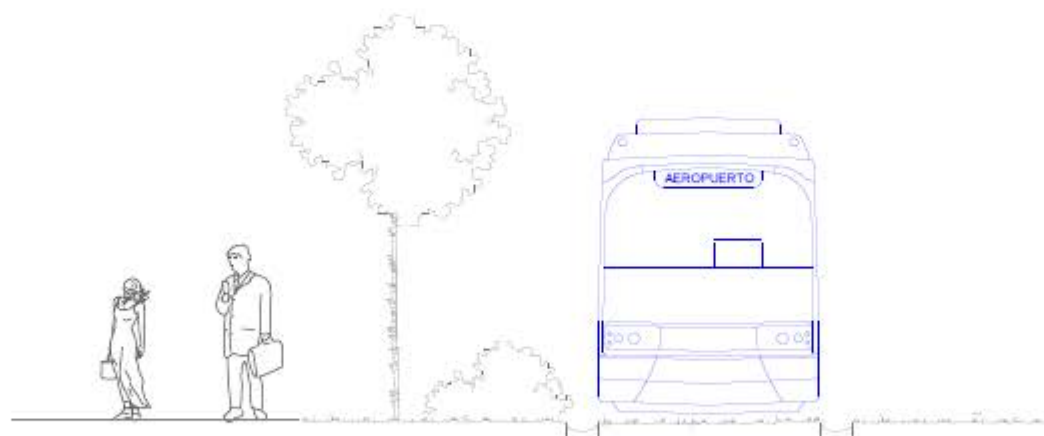
TÍTULO DEL PLANO
SECCIÓN

ESCALA
1/1000

NÚMERO
1 DE 2



SECCIÓN VÍA ÚNICA. ACABADO ADOQUIN o ASFALTO



SECCION AJARDINADA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

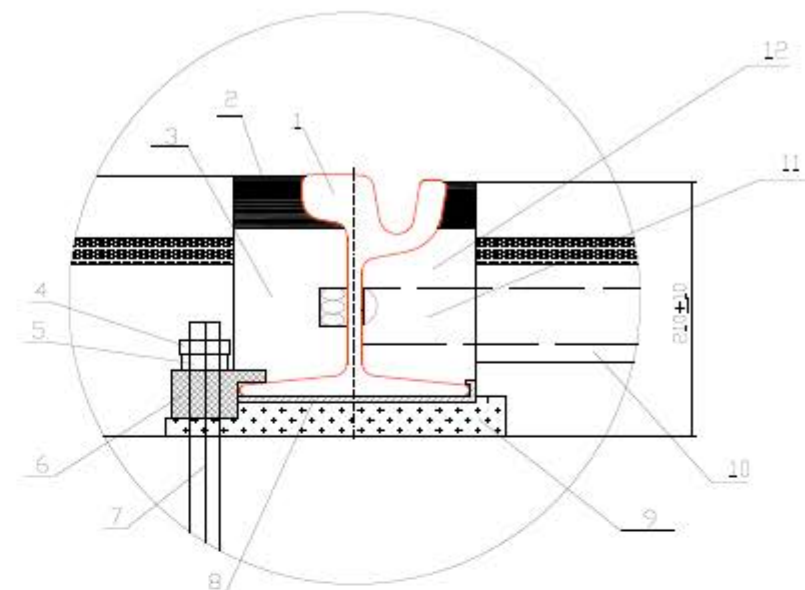
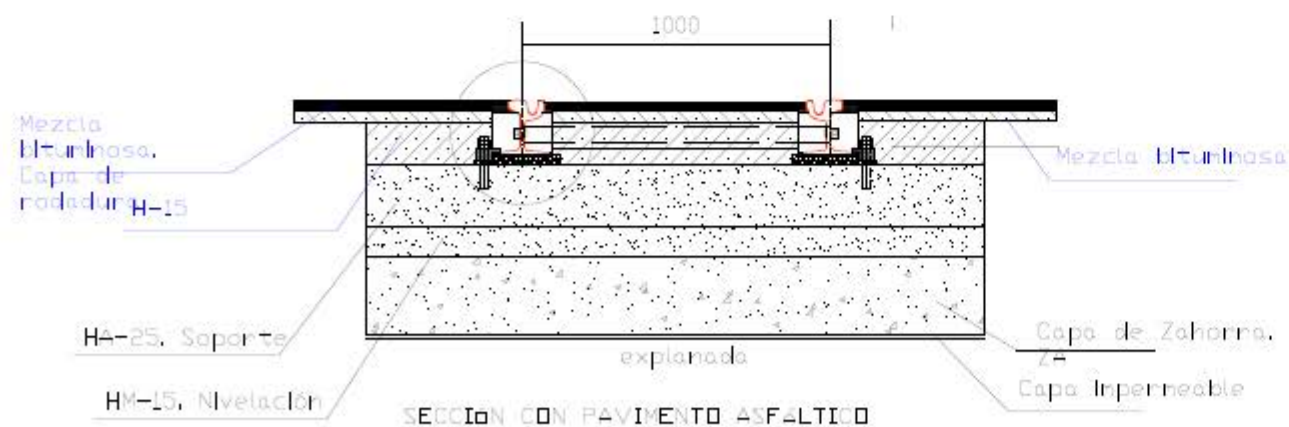
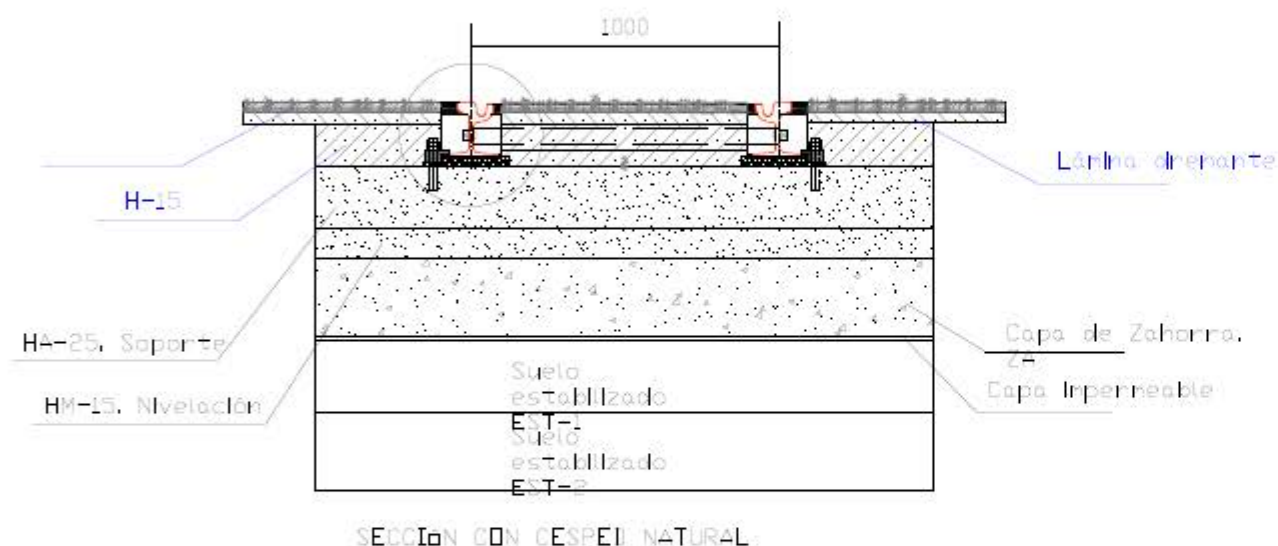
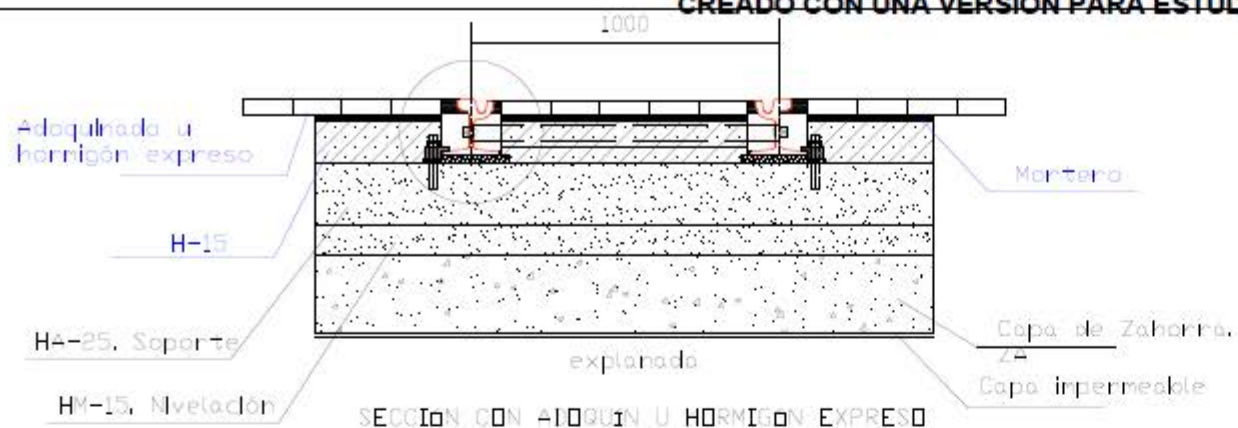
TÉRMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
SECCIONES

ESCALA
1/1500

NÚMERO
1 DE 2

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



DETALLE CARRIL DE GARGANTA RI60. Escala 1/2.5

LEENDA

1. Carril de garganta RI60
2. Junta de resina de poliuretano
3. Elemento flexible de aislamiento eléctrico
4. Tuerca de resina de poliuretano
5. Arandela huele
6. Abrazadera aislante
7. Varilla roscada
8. Recubrimiento elástico del patin
9. Mortero nivelante
10. Recubrimiento plástico
11. Elemento de cámara en bloques
12. Elemento flexible de aislamiento eléctrico interior



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO
ESTUDIO Y VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UN TRANVÍA EN LA CIUDAD DE SANTANDER

AUTOR
BEATRIZ TORRE TOCA

FECHA
JULIO 2020

TERMINO MUNICIPAL
SANTANDER
PROVINCIA
CANTABRIA

TÍTULO DEL PLANO
SECCIÓN CARRIL

ESCALA
1/2000

NÚMERO
1 DE 2

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK